

எளிய தமிழிஸ் CNC

இரா.அசோகன்

எளிய தமிழிஸ் CNC

இரா.அசோகன்

□□□□ □□□□□□□□ CNC

□□□. □□□□□□□□

- ashokramach@gmail.com

: லெனின் குருசாமி - guruleninn@gmail.com

மின்னுரலாக்கம் : சீ.ராஜேஸ்வரி - sraji.me@gmail.com

வெளியிடு : FreeTamilEbooks.com

உரிமை : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike CC
BY-NC-SA

உரிமை – கிரியேட்டிவ் காமன்ஸ். எல்லாரும் படிக்கலாம், பகிரலாம்.

—

—



- [1. பொறியியல் வரைபடம் \(Engineering Drawing\) - பாகம் 1 3](#)
- [2. பொறியியல் வரைபடம் \(Engineering Drawing\)—பாகம் 2 9](#)
- [3. பொறியியல் வரைபடம் \(Engineering Drawing\)—பாகம் 3 15](#)
- [4. கடைசல் இயந்திரம் \(Lathe\) 21](#)
- [5. பொறியியல் வரைபடம் – திறந்த மூல லிபர்கேட் \(LibreCAD\) 27](#)
- [6. துருவல் இயந்திரம் \(Milling machine\) 32](#)
- [7. வரம்புகள், பொருத்தங்கள் மற்றும் பொறுதிகள் \(Limits, Fits and Tolerances\) 38](#)
- [8. உலோக வெட்டல் மூலப்பொருட்களும், வெட்டுளிகளும், வெட்டு வேகங்களும் 41](#)
- [9. கயெக \(CNC\) எந்திர அடிப்படைகள் 44](#)
- [10. கயெக கடைசல் இயந்திரம் \(CNC Lathe\) 48](#)
- [11. கயெக துருவல் இயந்திரம் \(CNC Milling Machine\) 51](#)
- [12. கயெக நிரலாக்கம் \(CNC Programming\) 54](#)
- [13. திறந்த மூல கயெக பாவனையாக்கிகள் \(CNC Simulators\) 57](#)
- [14. கயெக பின்மாற்றுப் பொருத்தல் \(CNC Retrofitting\) 61](#)
- [15. கயெக கடைசல் மற்றும் துருவல் மையங்கள் \(CNC Turning and Machining Centers\) 64](#)
- [16. எந்திர அணி உற்பத்தி \(Cellular Manufacturing\) 69](#)

1. (Engineering Drawing) -

1

ஒரு பொருளைப் பற்றி ஆயிரம் சொற்களில் விளக்குவதைவிட ஒரு படத்தில் காட்டுவது சிறந்தது என்பது பொதுவாகவே யாவருக்கும் தெரிந்ததுதான். பொறியியலாளருக்கு குறிப்பாக இது அதிமுக்கியத்துவம் வாய்ந்தது.

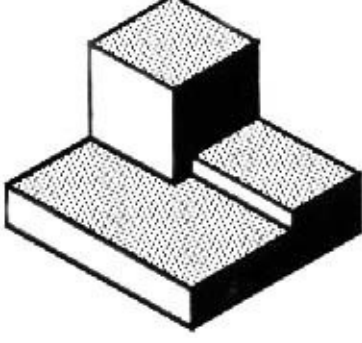
உங்கள் வீட்டில் தோசை மாவு அரைக்கும் இயந்திரத்தில் ஒரு பாகம் உடைந்து விட்டது என்று வைத்துக் கொள்வோம். உபரி பாகம் கிடைக்கவில்லை. அதனுடைய வடிவமைப்பும் அளவும் கொடுத்தால் செய்து தரமுடியும் என்று பணிமனையில் சொல்கிறார்கள். என்ன கொடுப்பீர்கள்? இம்மாதிரி ஒருவர் வடிவமைத்த பொருளை மற்றொருவர் உருவாக்கத் தேவையான அனைத்துத் தகவல்களையும் கொண்டதுதான் பொறியியல் வரைபடம் (Engineering Drawing). முன்காலத்தில் படியெடு தாளில் (tracing paper) வரைந்து நீல நிறத்தில் நகல் எடுப்பர். ஆகவே இவற்றுக்கு நீல அச்சு (blue print) என்ற பெயரும் உண்டு.

கருத்துகளை உருவகித்து மற்றவர்களிடம் தெளிவாகவும் திறமையாகவும் நீங்கள் பகிர்ந்துகொள்வதற்கு இது உதவுகிறது. எதையும் உருவாக்க வேண்டுமானால் பரிமாணங்கள், வடிவங்கள் மற்றும் துல்லியம் ஆகியவற்றைத் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். பொறியியல் வரைதல் கற்றுக் கொண்டால் மட்டுமே இது சரியாகப் புரியவரும். கருவிகள் மற்றும் கணினி உதவியின்றி உத்தேசமாக வரைந்து ஒரு மாதிரிப் படத்தை (sketching or freehand drawing) மற்ற பொறியியலாளர்களிடம் கொடுத்தால் அதைப் பார்த்தவுடன் நீங்கள் ஒரு தொழில் நெறிஞர் (professional) என்று அவர்களுக்குத் தெரியவேண்டும். ஆகவேதான், பொறியியல் வரைதல் என்பது பொறியியலாளர்களின் மொழி என்று சொல்கிறோம். இயந்திரவியலுக்கு மட்டுமல்லாமல் பொதுப்பொறியியல், மின்பொறியியல் மற்றும் பல பொறியியல் துறைகளுக்கும் பயன்படுவதால் எல்லாப் பொறியியல் மாணவர்களும் இதில் பயிற்சி எடுத்துத் தெளிவாகப் புரிந்து கொள்வது அவசியம். கணினிவழி வடிவமைப்பு (Computer Aided Design—CAD) இருபரிமாண வரைபடம், முப்பரிமாண வரைபடம், அசைவூட்டம் (animation) ஆகியவற்றுக்கு அதி உன்னதமான மென்பொருட்கள் வந்துவிட்டன. எனினும் உங்களுக்கு அடிப்படை புரியாவிட்டால் இவற்றால் என்ன பயன்?

நாம் காட்ட வேண்டியதோ முப்பரிமாண பாகம். நம்மிடம் இருக்கும் இரு பரிமாணத் தாள் அல்லது கணினித் திரையில் இதை எவ்வாறு வரைபடமாகக் காட்டுவது? தோற்றம் (View) மற்றும் வீழல் (Projection) என்ற யுக்திகளை இதற்குப்

பயன்படுத்துகிறோம்.

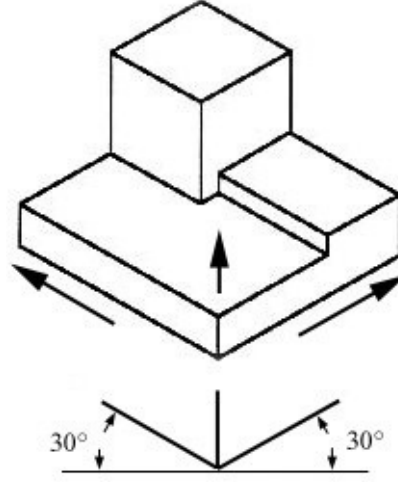
எந்தவொரு தொழில்நுட்ப வரைபடத்தையும் துவங்குவதற்கு முன், அடுத்து நாம் வரையப்போகும் இந்த விசித்திரமான பாகத்தைப் பல கோணங்களில் இருந்து நன்கு பார்ப்போம்.



படம் 1—இயந்திரத்தில் வெட்டி உருவாக்கிய ஒரு பாகம்

சம அளவுத்தோற்றம் (**isometric view**)

கிரேக்க மொழியில் “iso” என்றால் சமம் “metric” என்றால் அளவு என்று பொருள். இது ஒவ்வொரு அச்சிலும் (axis) சம அளவையே பயன்படுத்துகிறோம் என்பதைக் குறிக்கிறது.



படம் 2—ஒரு சம அளவு வரைபடம்

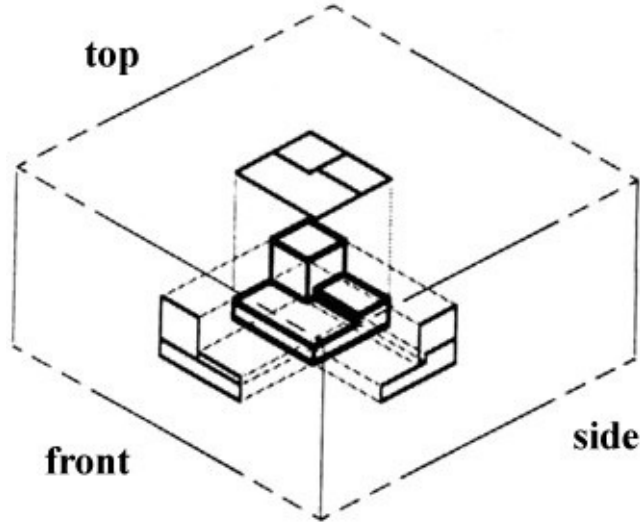
சம அளவு வரைபடத்தில் பொருளின் செங்குத்துக் கோடுகளை செங்குத்தாகவே வரைகிறோம். பொருளின் அகல மற்றும் ஆழத் தளங்களின் கிடைமட்டக் கோடுகளை கிடைமட்டத்திலிருந்து 30 பாகைகளில் வரைகிறோம்.

எந்தப் பொறியியல் வரைபடமும் ஒரு பொருளைப் பற்றிய எல்லா விவரங்களையும் காட்ட வேண்டும். கொடுத்த வரைபடத்திலிருந்து அந்தப் பொருளைப் பற்றி முழுமையாகப் புரிந்துகொள்வது சாத்தியமாக இருக்க வேண்டும். இம்மாதிரி ஒரு சம அளவு வரைபடம் அனைத்து விவரங்களையும் அளவுகளையும் ஒரே வரைபடத்தில் காட்ட இயன்றால் அதுவே சிறந்தது.

ஒரு சம அளவு வரைபடத்தில் பல தகவல்களைக் காட்ட முடியும். இருப்பினும், படம் 2 ல் உள்ள பொருளின் பின்புறத்தில் ஒரு துளை இருந்தால், ஒரு ஒற்றை சம அளவு வரைபடத்தைப் பயன்படுத்தி அந்தத் துளையைக் காட்ட முடியாது. அந்தப் பொருளின் முழுமையான விவரங்களைக் காட்ட வேறு ஒரு வழி தேவை. அதுதான் வரித்தோற்றம்.

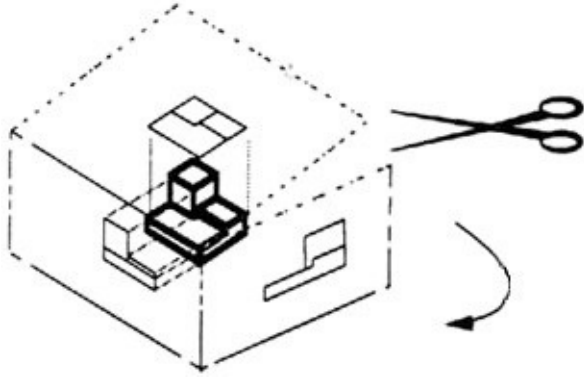
வரித்தோற்றம் (orthographic view)

ஒரு கண்ணாடிப் பெட்டியில் ஒளிபுகு நூல்கள் மூலம் தொங்க விடப்பட்ட ஒரு பொருளை வைத்திருப்பது போன்று கற்பனை செய்து பாருங்கள்.



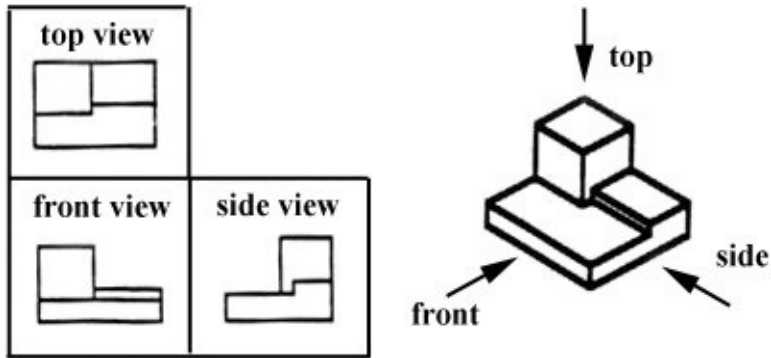
படம் 3—ஒரு கண்ணாடிப் பெட்டியில் தொங்க விடப்பட்ட பாகம்

மூன்று முகங்கள் ஒவ்வொன்றிலும் அந்தத் திசையில் இருந்து பார்த்தால் தெரியும் பொருளின் தோற்றத்தை வரையவும்.



படம் 4—ஒரு வரித்தோற்றம் வரைபடம் உருவாக்கம்

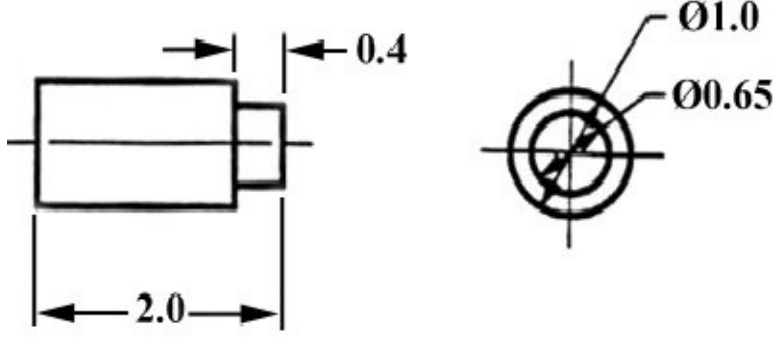
அடுத்து பெட்டியைப் பிரித்தால் (படம் 4) உங்களுக்கு மூன்று தோற்றங்கள் கிடைக்கும். நாம் இதை வரித்தோற்றம் என்று அழைக்கிறோம்.



படம் 5—ஒரு வரித்தோற்றம் வரைபடம் மற்றும் அதன் விளக்கம்

இதையே செங்குத்து வீழல் அல்லது குத்து வீழல் (orthographic projection) என்றும் சொல்லலாம். ஏனெனில் படம் 3 ல் காண்பது போல் அனைத்து வீழல் கோடுகளும் வீழல் தளத்தில் செங்குத்தாக விழுகின்றன. வரித்தோற்றம் என்பது ஒரு பொருளை முன்புறம், வலது, இடது, மேல், கீழ் அல்லது பின்புறம் ஆகிய தோற்றங்களில் காண்பிக்கக் கூடியது ஆகும். இவ்வாறு ஒரே பொருளைப் பல தோற்றங்களை வைத்து விவரிப்பதால் இதைப் பலதோற்ற வரைபடம் (multi-view drawing) என்றும் சொல்கிறார்கள். இந்த அனைத்துத் தோற்றங்களையும் கட்டாயமாகப் பயன்படுத்தப்பட வேண்டும் என்ற அவசியமில்லை.

இம்மாதிரி இடது பக்கத் தோற்றத்தை இடது புறத்திலும் மேற்புறத் தோற்றத்தை மேற்புறத்திலும் காட்டுவதை மூன்றாம் கோணத் தோற்றம் (third-angle view) என்று சொல்கிறோம். இது அமெரிக்கா மற்றும் கனடாவில் வழக்கமாக உள்ளது. இந்தியாவில் நாம் முதல் கோணத் தோற்றம் (first-angle view) என்ற தரநிலையைப் பின்பற்றுகிறோம். முன்புறத் தோற்றத்துக்குக் கீழ் மேற்புறத் தோற்றம் இருக்கும். வலது பக்கத் தோற்றம் முன்புறத் தோற்றத்தின் இடது புறத்தில் இருக்கும். இது இந்தியத் தரக்கட்டுப்பாட்டு அலுவலகம் (BIS) மற்றும் பன்னாட்டுத் தரக்கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு (ISO) படி அமைந்துள்ளது. பொதுப் பொறியியலில் (Civil Engineering) கட்டடங்களை வரையும் போது முன்புறத் தோற்றத்தை முகப்புப் படம் (Elevation) என்றும் மேல்புறத் தோற்றத்தைத் திட்டப் படம் (Plan) என்றும் கூறுவர்.

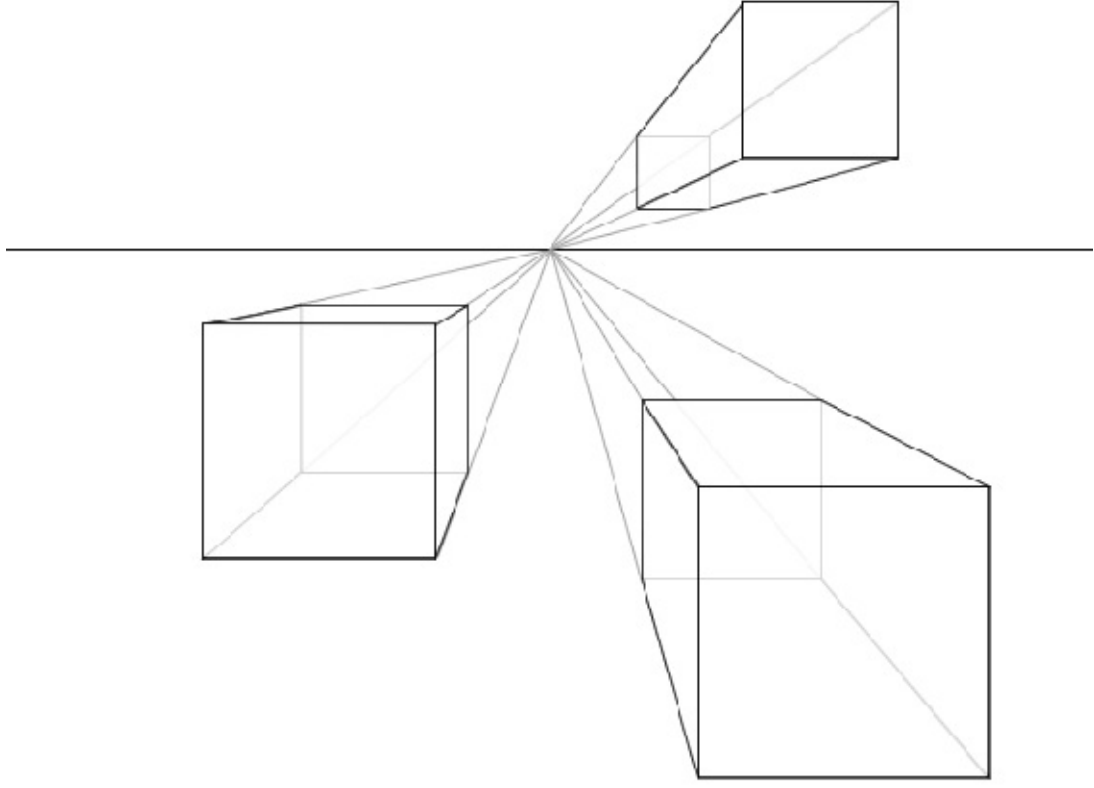


ஒரு பலதோற்ற வரைபடத்தில் எந்தத் தோற்றங்களைத் தேர்வு செய்ய வேண்டும்? நாம் வரையும் பொருள் பற்றிய எல்லா விவரங்களையும் வெளிப்படுத்தும் தோற்றங்களையும் வரைய வேண்டும். மூன்று தோற்றங்கள் கூட எப்போதும் அவசியம் இல்லை. பொருளை முழுமையாக விவரிக்க எந்தெந்த தோற்றங்கள் தேவையோ அவற்றை வரைந்தால் போதும். சில பொருள்களுக்கு இரண்டு தோற்றங்களே போதுமானவை. மற்றொன்றுக்கு நான்கு தேவைப்படலாம். சான்றாக படம் 6 இல் உள்ள உருளைவடிவ பாகத்துக்கு இரண்டு தோற்றங்கள் போதும்.

படம் 6—இரண்டு தோற்றங்கள் மட்டுமே தேவைப்படும் ஒரு உருளைவடிவ பாகம்

இயலுறுத் தோற்றம் (perspective view)

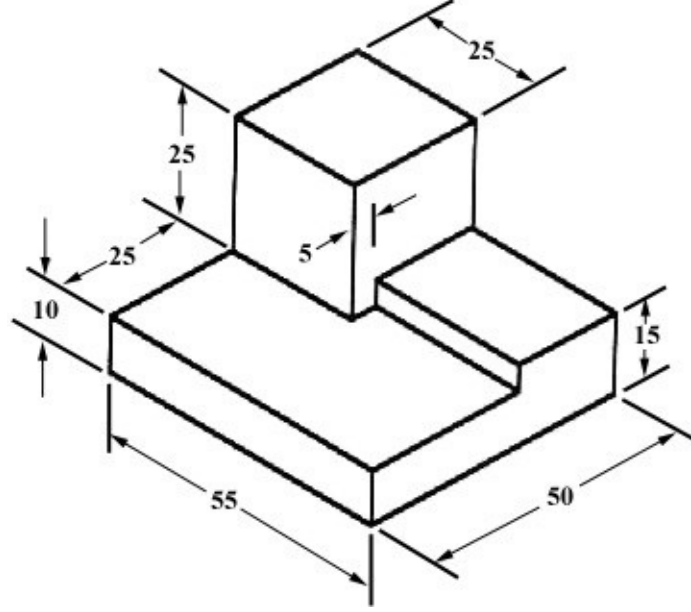
சம அளவு மற்றும் வரித்தோற்றம் தவிர இயலுறுத் தோற்றம் போன்ற வேறு சிலத் தோற்றங்களும் உள்ளன. இயலுறுத் தோற்றத்தில் ஒளியியல் கண்மாயம் (optical illusion) விளைவால் பார்க்கும் கோணத்தில் உள்ள ஒரு பொருளின் ஆழம் உண்மையில் உள்ளதைவிடக் குறைவாகவே தோன்றும்.



படம் 7—ஒரு இயலுறுத் தோற்றம் வரைபடம்

அளவு குறித்தல் (dimensioning)

படம் 8 ல் சம அளவு வரைபடத்தில் பொருளின் அளவை நாம் காட்டியுள்ளோம். சுருக்கமாகச் சொல்ல வேண்டுமானால், அந்தப் பொருளை உருவாக்கத் தேவையான அளவுகளை மிகவும் பயனுள்ள வழியில் வரைபடத்தில் காட்டும் வழி என்னவென்று பாருங்கள். அதைச் செய்யப்போகும் எந்திர வினைஞருக்குத் தேவையான அளவுகள் எல்லாம் இருக்க வேண்டும். தேவைக்கதிகமான அளவுகள் இருக்கக்கூடாது, தேவையான அளவுகளை விட்டுவிடக்கூடாது.



படம் 8—அளவுகள் குறித்த ஒரு சம அளவு வரைபடம்

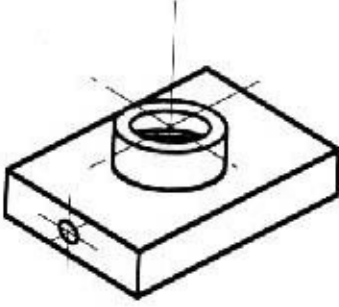
ஒரு புள்ளியில் இருந்து அடுத்த புள்ளிக்கும் பின்னர் அந்தப் புள்ளியிலிருந்து வேறொரு புள்ளிக்கும் என்று தொடராக அளவு கொடுப்பது தவறுகள் எழ வழிவகுக்கும். ஒரு புள்ளியை ஆதாரமாக வைத்து பல்வேறு புள்ளிகளுக்கு அளவு கொடுப்பதே உசிதமானது. அந்த பாகத்தை உருவாக்கும் எந்திர வினைஞருக்கு எந்த வரிசையில் அளவுகள் தேவையோ அந்த வரிசையில் கொடுத்தால் மிகவும் உதவியாக இருக்கும். இந்த வழக்கைப் பின்பற்ற உற்பத்தி செய்முறையில் கொஞ்சம் அனுபவம் தேவை.

2. (Engineering Drawing)—

2

பாகத்தை வெட்டி ஊர் விவரம் காட்டுதல் (Sectioning)

ஓரு பொருளின் ஊர் விவரங்களை வெளிப்புறத்திலிருந்து (படம் 8) காட்டமுடியாது. சில நேரங்களில் புள்ளிக் கோட்டினால் (dotted lines) காட்டலாம். அப்படியும் சரியாகக் காட்ட இயலாவிட்டால் வேறு ஓரு வழி தேவை.

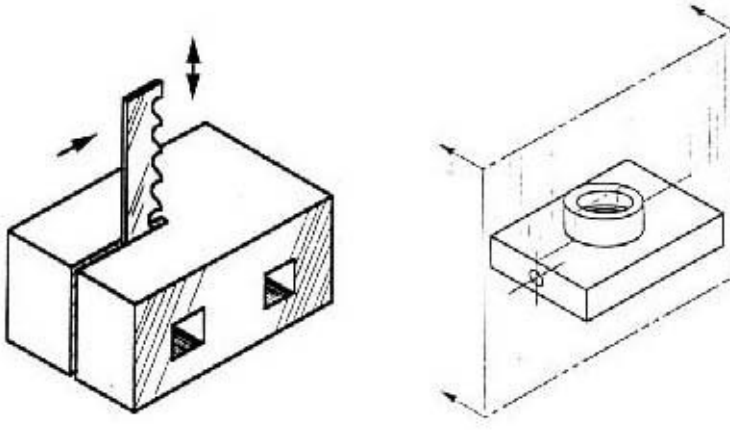


படம் 8—அனைத்து விவரங்களையும் காட்டாத சம அளவு வரைபடம்

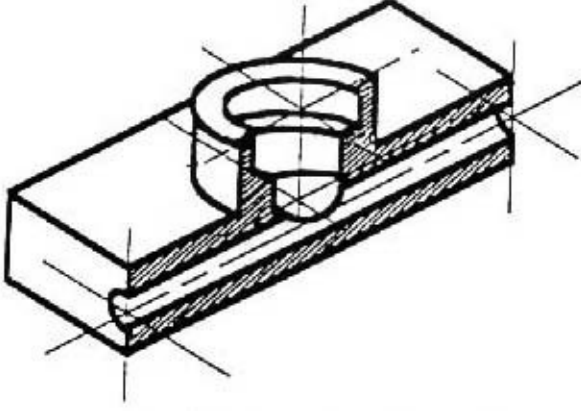
ஊர் விவரங்கள் தெரியுமாறு அந்தப் பொருளைக் குறுக்கே வெட்டினால் எப்படித் தெரியுமோ அதைப் படமாக வரையலாம். அதுதான் வெட்டுமுக வரைபடம். பொறி அடிப்பகுதி (engine block) போன்ற பாகங்களில் அதிநுணுக்கமான ஊர் விவரங்கள் பல காட்ட வேண்டும். சம அளவு அல்லது வரித்தோற்ற வரைபடத்தில் புள்ளிக்கோடிட்டுக் காட்டினால் புரிந்து கொள்வது மிகவும் கடினம். இம்மாதிரி வேலைக்கு இந்த வெட்டுமுகம் இன்றியமையாதது.

ஓரு பொருளைக் குறுக்கே வெட்டுவது போன்று கற்பனை செய்து பாருங்கள் (படம்

9).

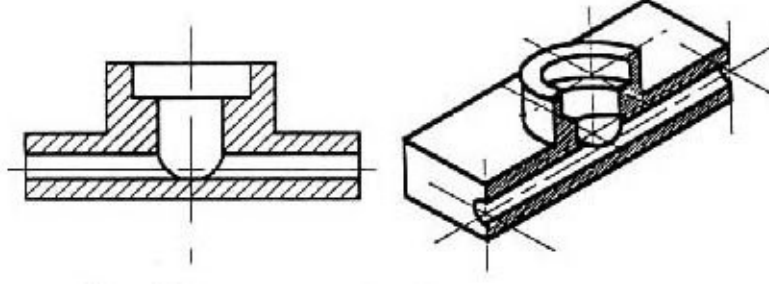


படம் 9—ஒரு பொருளைக் குறுக்கே வெட்டுவதை உருவகப்படுத்தல்



படம் 10—படம் 8 ல் உள்ள பொருளைக் குறுக்கே வெட்டுதல்

முன் பகுதியை வெட்டி எடுத்துவிட்டால் (படம் 10) மீதம் உள்ளதுதான் முழு வெட்டுமுகத் தோற்றம் (படம் 11).

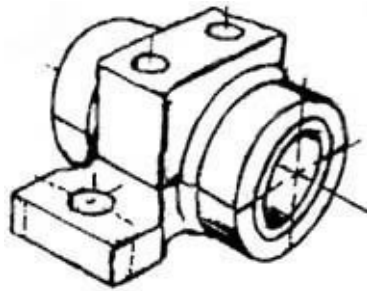


படம் 11—சம அளவு மற்றும் வரித்தோற்றத்தில் வெட்டுமுகம்

குறுக்கு வெட்டை நேராகப் பார்த்தால் படம் 11 போலத் தோற்றமளிக்கும்.

தொகுப்பு வரைபடங்கள் (**Assembly Drawings**)

ஒரு தலையணைத் தாங்கி (pillow or plummer block bearing) தொகுதியின் சம அளவுத் தோற்றம் படம் 13 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் இருந்து நீங்கள் உண்மையில் பார்க்கும் பொருளை நெருக்கமாக ஒத்துள்ளது.



படம் 13 தலையணைத் தாங்கியின் உத்தேசப் படம்

மேலும் சம அளவுத் தோற்றத்தில் தலையணைத் தாங்கியைக் கழட்டியும் காட்ட முடியும் (படம் 14). இதில் தாங்கி அமைப்பின் உள் பாகங்களைப் பார்க்க முடியும். சம அளவுத் தோற்றங்கள் ஒட்டுமொத்தத் தொகுதியைத் தெளிவாகக் காட்ட முடியும். ஆனால் விவரங்கள் மற்றும் அளவுகளை முழுவதும் காட்டுவது கடினம்.

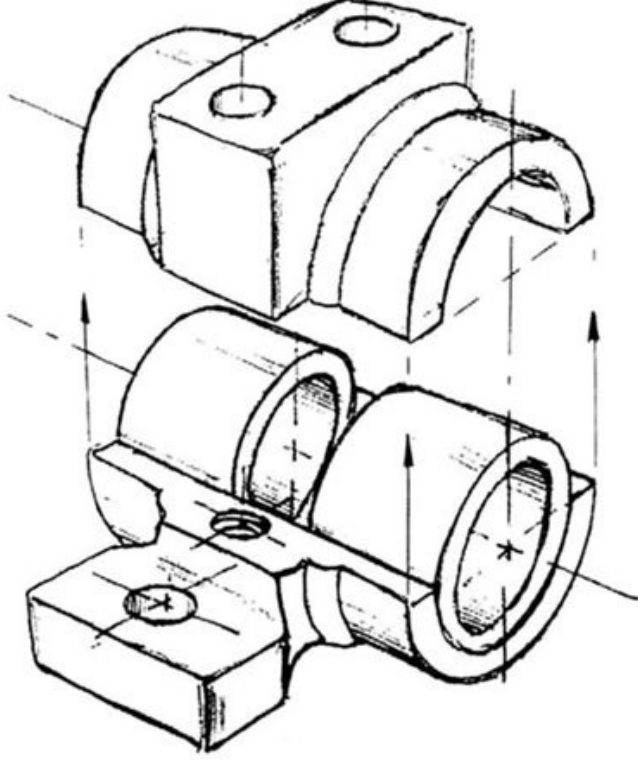
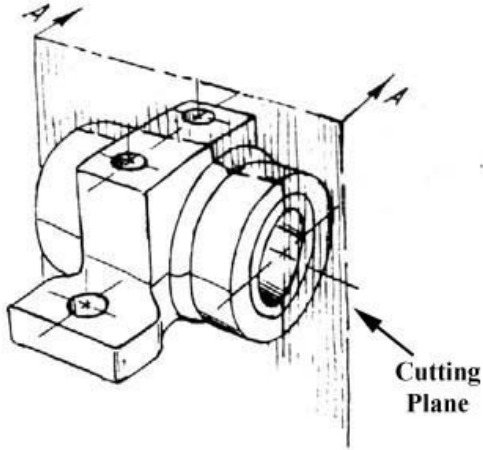


Figure 14—தலையணைத் தாங்கியைக் கழட்டிக் காட்டும் படம்

வெட்டு முகத் தோற்றங்கள் (Cross-Sectional Views)

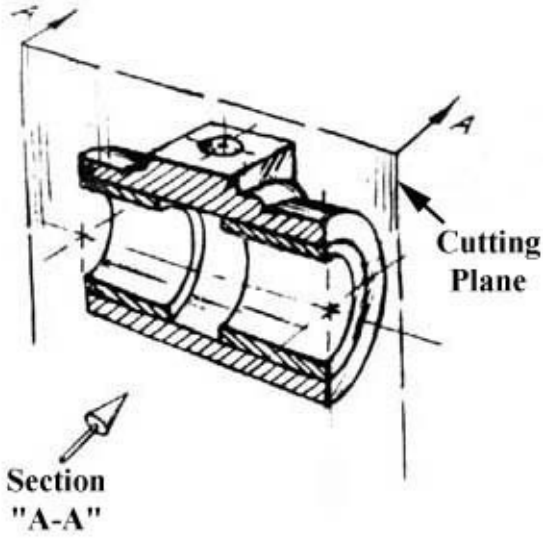
குறுக்குவெட்டுத் தோற்றம் பாகத்தின் வெட்டுப்பகுதியை சித்தரிக்கிறது. இது சாதனத்தில் மறைந்திருக்கும் கூறுகளைக் காட்ட மற்றொரு வழி.

தலையணைத் தாங்கி தொகுதி மையத்தின் ஊடாக செங்குத்தாக வெட்டும் ஒரு தளத்தைக் கற்பனை செய்து பாருங்கள். படம் 15 ல் காட்டப்பட்டுள்ளபடி, இந்த தளத்தின் முன் உள்ள வெட்டு பாகத்தை அகற்றிவிடுவது போலக் கற்பனை செய்து பாருங்கள்.



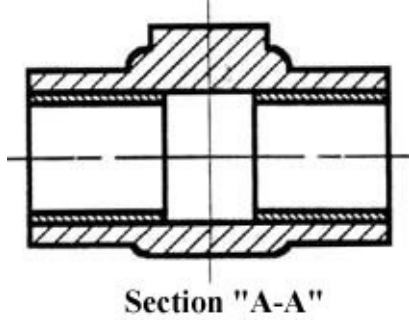
படம் 15 —தலையணைத் தாங்கியும் வெட்டுத் தளமும்

குறுக்கு வெட்டுத் தளம் பார்க்கும் கோணத்துக்குச் செங்குத்தாக இருப்பதால் நீளத்துக்கும் விட்டத்துக்கும் உள்ள விகிதத்தைத் தெளிவாகக் காட்டும். மீதமிருக்கும் பின்பக்கம் இப்படித்தான் தோற்றமளிக்கும். வெட்டு முகத்தைக் குறுக்குக் கோடிட்டுக் காட்டுகிறோம்.



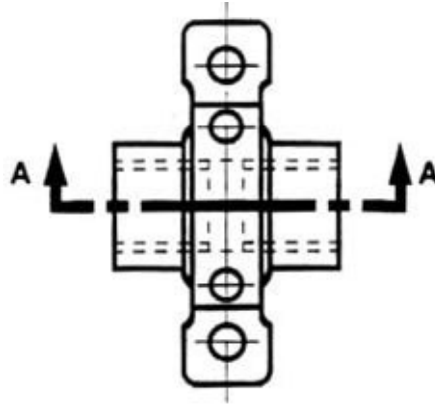
படம் 16—தலையணைத் தாங்கியின் வெட்டிய பகுதியை நீக்கியபின்

சம அளவு வரைபடங்களை விட இம்மாதிரி வரைபடங்களை வரைவது எளிது. அனுபவம் மிக்க பொறியாளர்கள் இம்மாதிரி வரித்தோற்றங்களை வைத்து பாகங்களையும் தொகுப்புகளையும் புரிந்து கொள்வார்கள். மற்றவர்களுக்குக் கொஞ்சம் பயிற்சி தேவை.



படம் 17—“A-A” வெட்டுத் தளம்

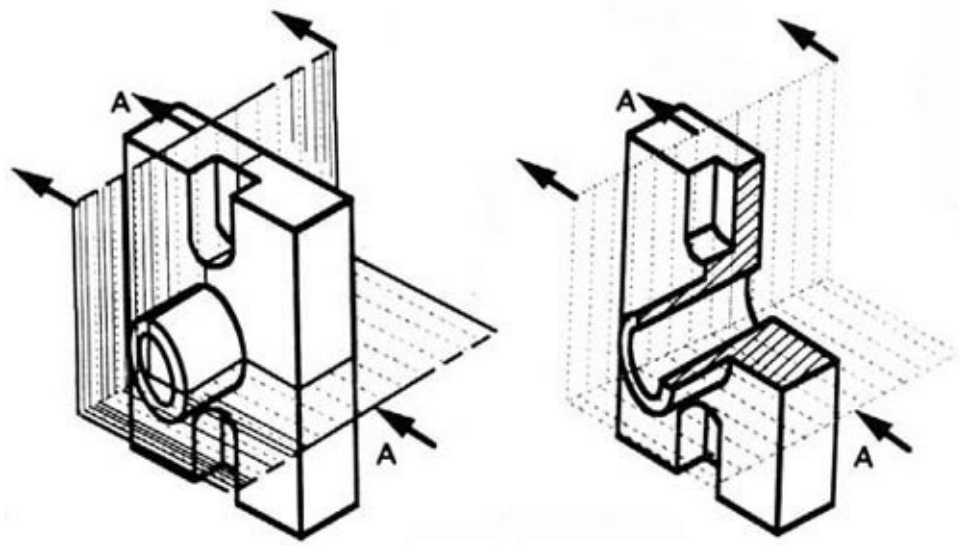
படம் 18 இல் மேற்புற வெளித்தோற்றம் காட்டுகிறோம். இது வரித்தோற்றம். அம்புக்குறிகள் “A-A” வெட்டுத் தளத்தை நாம் பார்க்கும் திசையைக் காட்டுகின்றன.



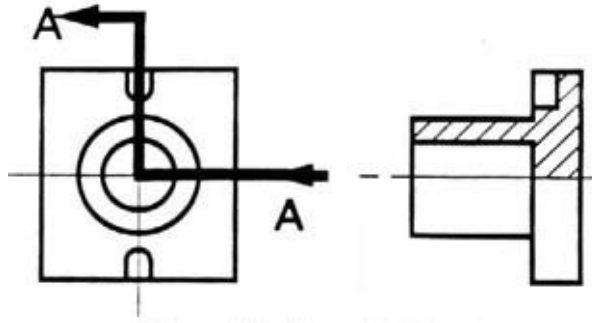
படம் 18—தாங்கியின் மேற்புற வெளித்தோற்றம்

அரை வெட்டு முகம் (Half-Sections)

படம் 19 மற்றும் 20 இல் காட்டியிருப்பது போல ஒரு பாகத்தின் தோற்றத்தில் பாதியை மட்டும் வெட்டிக் காட்டுவது அரை வெட்டு முகம்.

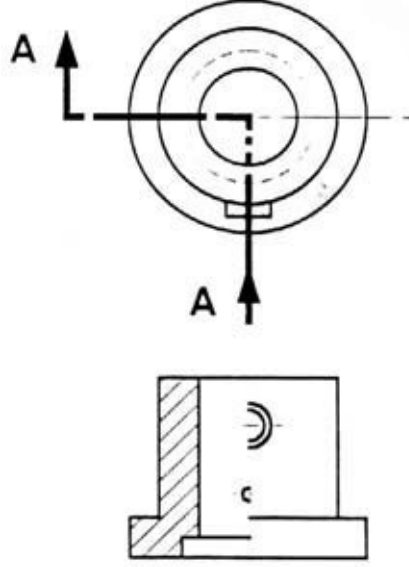


படம் 19 முழு மற்றும் அரை வெட்டு முக சம அளவு வரைபடம்



படம் 20 முன் தோற்றமும் அரை வெட்டு முகமும்.

குறுக்குக் கோடுகள் (cross-hatching) கருத்தியல்படி வெட்டுப்பட்ட முகங்களைக் காட்டுகின்றன. இக்கோடுகளை 45 பாகையில் மெல்லியதாக வரைவது வழக்கம். கோடுகளின் இடைவெளி சமமாக இருக்க வேண்டும்.

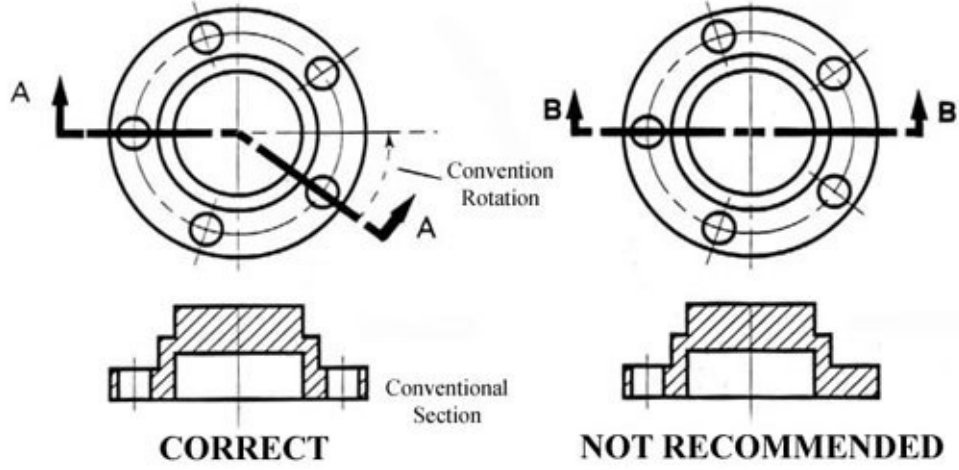


படம் 21 மறைந்த கோடுகள் இல்லாத அரை வெட்டு முகம்

குறுக்குக் கோட்ட வெட்டு முகத்தில் புள்ளிக் கோடுகள் போடுவது வழக்கமில்லை. அளவுக்கோடுகள் மட்டும் தேவைப்பட்டால் போடலாம்.

மேலும் தேவையற்ற கோடுகளைப் போட்டு வரைபடத்தில் நெரிசல் உண்டாக்க வேண்டாம்.

துளைகள், விலாக்கள் (**ribs**) உள்ள பாகங்களின் வெட்டு முகம் காட்டுதல் வலது பக்கத்திலுள்ள வெட்டு முகம் முறைப்படி சரியானதுதான். எனினும் இடது பக்கத்திலுள்ள வெட்டு முகம் போல காட்டுவதுதான் இம்மாதிரி பாகங்களுக்கு வழக்கம்.



படம் 22 வெட்டு முகம்

3. (Engineering Drawing)—

3

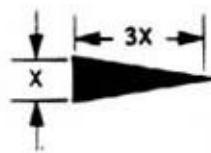
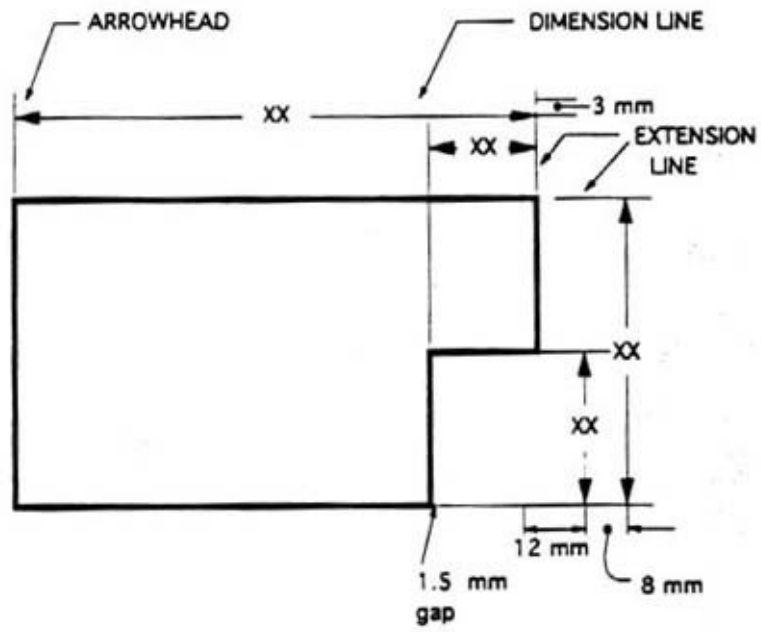
□□□□ □□□□□□□□ (Dimensioning)

ஒரு பாகத்தைத் தெளிவாக முழுவதும் விவரிப்பது தான் அளவு காட்டுதலின் நோக்கம். அளவுகளின் முழுத் தொகுப்பை வைத்து அந்த பாகத்தை ஒரே ஒரு விதமாகத்தான் புரிந்து கொள்ள முடிய வேண்டும். அளவு காட்டுதலுக்கு இதுதான் முக்கிய வழிகாட்டி.

- : சரியான அளவுகள் கொடுக்க வேண்டும்.
- : அளவுகளை சரியான இடத்தில் போட வேண்டும்.
- : எதையும் விட்டு விடவும் கூடாது. எதையும் இரண்டு விதமாகவும் போடக் கூடாது.
- : கோடுகளைத் தேவையான தரத்தில் போட்டால் தெளிவாகப் படிக்க இயலும்.

□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□

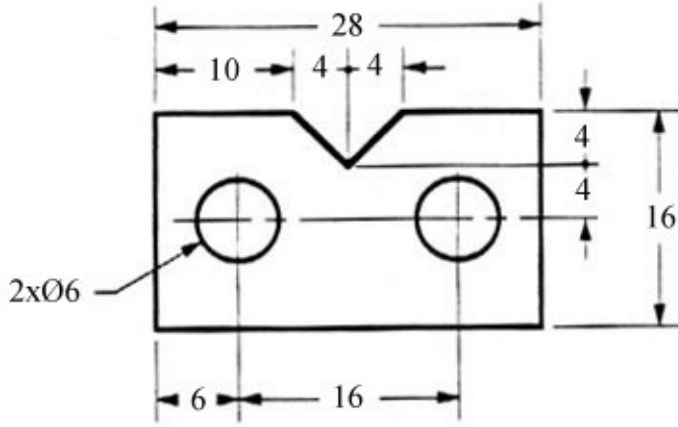
அளவுக் கோடு மெல்லியதாக அம்புக்குறியுடன், இடையில் அளவு எழுத இடம் விட்டுப், போட வேண்டும் படம் 23.



படம் 23 அளவு போட்ட வரைபடம்

அம்புக்குறியின் தலை சுமார் 3 மிமீ நீளம் 1 மிமீ அகலம் இருக்க வேண்டும்.

பாகத்தின் அம்சத்திலிருந்து நீட்டல் கோடு போட்டு அளவுக் கோடு போட வேண்டும். முதல் அளவுக் கோடு பாகத்திலிருந்து 12 மிமீ தூரத்தில் போட வேண்டும். நீட்டல் கோடு பாகத்திலிருந்து 1.5 மிமீ தூரத்தில் தொடங்கி கடைசி அளவுக் கோட்டிலிருந்து 3 மிமீ வரை வெளியில் இருக்க வேண்டும்.

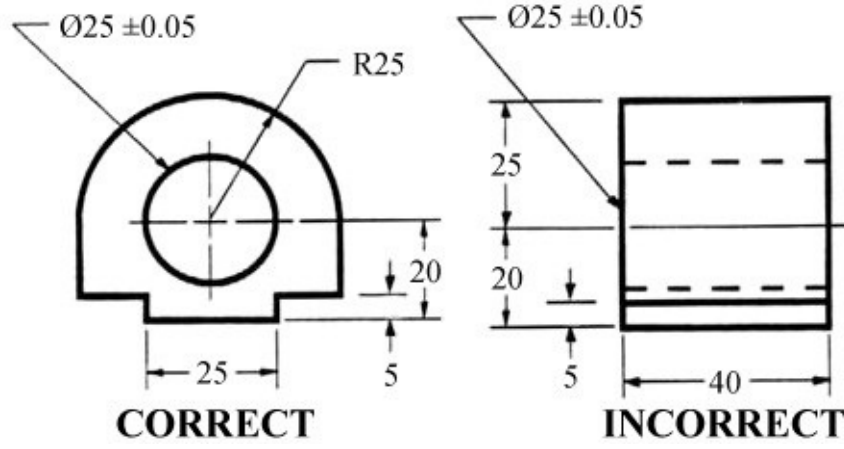


படம் 24—சுட்டுக் கோடு போட்ட வரைபடம் எடுத்துக்காட்டு

பாகத்தின் ஒரு பகுதியின் அளவைக் காட்ட படம் 24 இல் கண்டவாறு சுட்டுக் கோடு போடலாம்.

அளவுகளை எந்த இடத்தில் காட்டுவது?

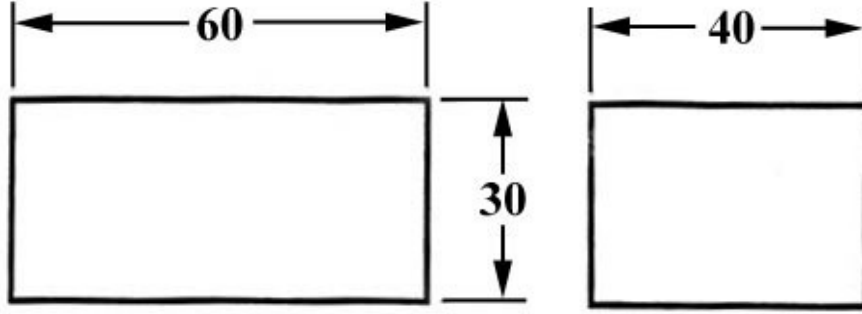
ஒரு அம்சத்தை மிகவும் தெளிவாக விவரிக்கும் முகத்தில் அதன் அளவைக் காட்டுவது நல்லது. அளவுகளைப் பொருத்தமான மற்றும் பொருத்தமற்ற இடங்களில் காட்டுவதன் எடுத்துக்காட்டுகளைப் படம் 25 இல் காணலாம்.



படம் 25—பொருத்தமான மற்றும் பொருத்தமற்ற இடத்தில் அளவு காட்டுவதன் எடுத்துக்காட்டு

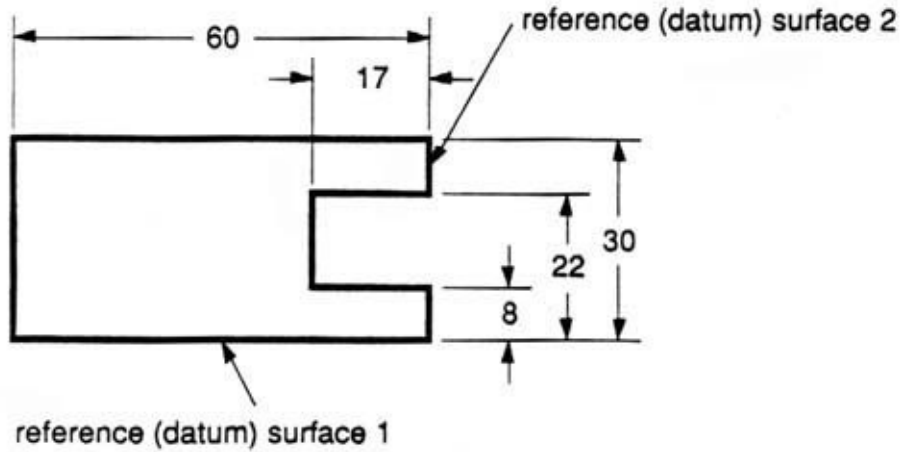
அளவு காட்டுவது பற்றி புரிந்து கொள்ள நாம் ஒரு எளிய செவ்வக பாகத்தில் தொடங்கலாம். இந்த எளிமையான பாகத்தை முழுமையாக விவரிக்க மூன்று அளவுகள் மட்டுமே தேவை (படம் 26). இதன் அளவுகளை எங்கே காட்டுவது

என்று யோசிக்கப் பல இடங்கள் கிடையாது.

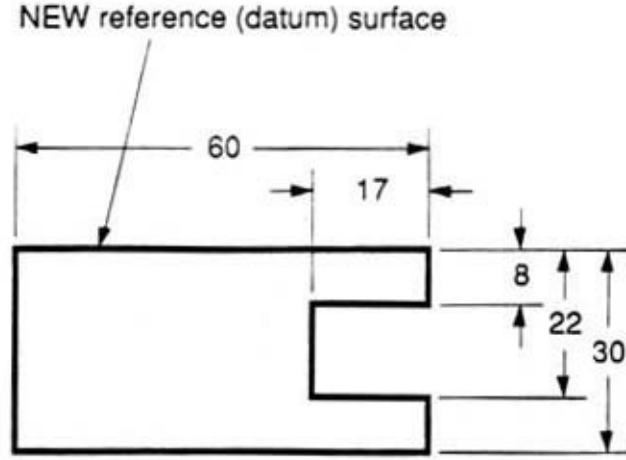


படம் 26—எளிய பாகம்

நாம் ஒரு காடி வெட்டுக்கு அளவு காட்ட வேண்டுமெனில் சில முடிவுகளைச் செய்ய வேண்டும் (படம் 27). ஒரு பொதுவான கோடு அல்லது தளத்திலிருந்து அளவு கொடுப்பது இதற்குச் சிறந்தது. இதை அடிப்படைக் கோடு அல்லது தளம் (datum line or surface) என்று சொல்கிறோம். இந்த அணுகுமுறையில் சங்கிலித் தொடராக அளவு கொடுப்பதில் வரும் கூட்டுப் பிழைகளைத் தவிர்க்கலாம். எல்லா அளவுகளும் அடிப்படைத் தளத்திலிருந்து தொடங்குவதைக் கவனிக்கவும். நாம் ஒரு அடிப்படைத் தளத்தை படம் 27 இல் தேர்வு செய்தோம், படம் 28 இல் வேறொரு தளத்தைத் தேர்வு செய்தோம். இவை முரணற்றதாக இருந்தால் போதும். (படத்தில் மேல் தோற்றத்தை மட்டுமே காட்டுகிறோம்).



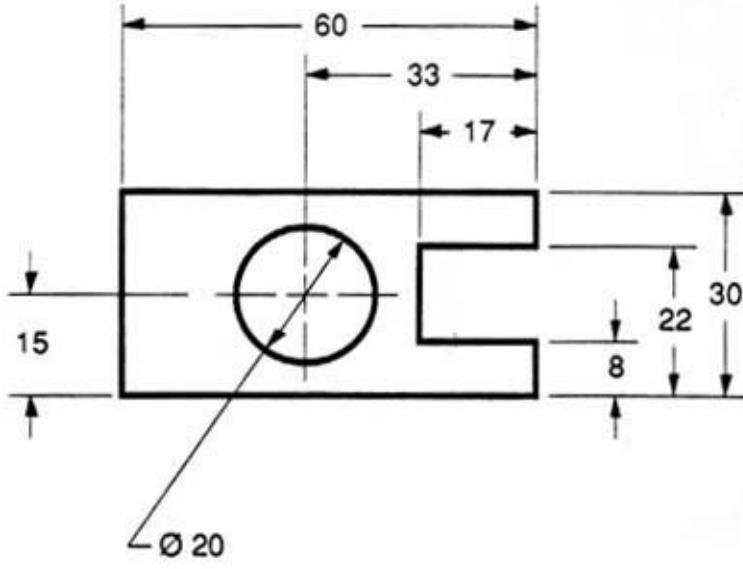
படம் 27—அடிப்படைத் தளம் எடுத்துக்காட்டு



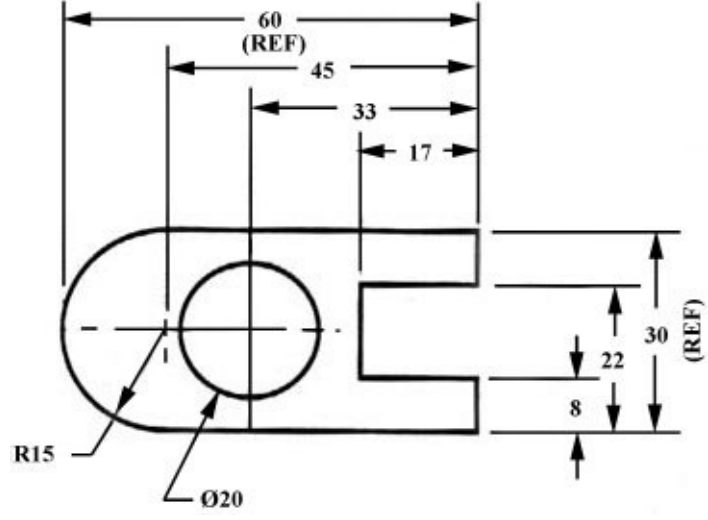
படம் 28—அடிப்படைத் தளம் மற்றொரு எடுத்துக்காட்டு

படம் 29 இல் நாம் ஒரு துளையின் விட்டத்தை இடதுபக்கம் காட்டியுள்ளோம்.
பொறியியல் வரைபடங்களில் விட்டத்தை “Ø” குறியீட்டால் காண்பிப்பது வழக்கம்.

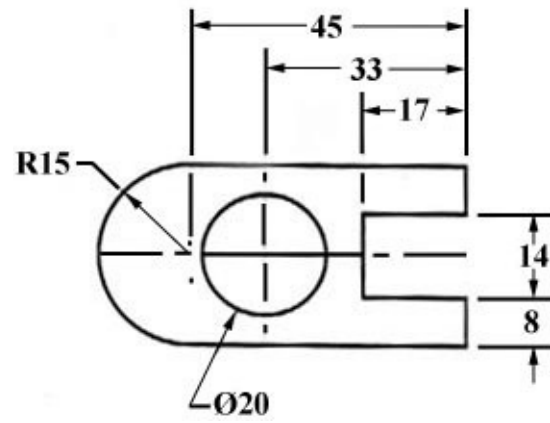
இக்குறியீட்டை நாம் விட்டம் (dia) என்றே படிக்கலாம்.



படம் 29—துளையின் அளவு காட்டுவது எடுத்துக்காட்டு



படம் 30—நேரடியாகத் துளையின் அளவு காட்டுவது எடுத்துக்காட்டு

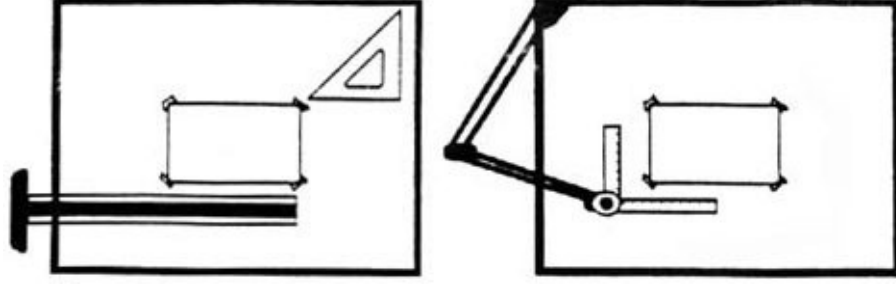


படம் 31—நேரடியாகத் துளையின் அளவு காட்டுவது மற்றொரு எடுத்துக்காட்டு

இந்த வரைபடம் கிடைமட்ட மையக்கோட்டிலிருந்து சமச்சீராக உள்ளது. அதாவது எல்லா பக்கங்களிலும் ஒரே மாதிரி உள்ளது. மையக்கோடுகள் (சங்கிலிப் புள்ளியிட்டவை) சமச்சீர் பாகங்களுக்கு பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மேலும் வட்டங்கள் மற்றும் துளைகளின் மையத்திற்கும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. நாம் நேரடியாக மையக்கோட்டில் அளவு கொடுக்கலாம். சில நேரங்களில் இம்முறை தளங்களுக்கு இடையில் அளவு கொடுப்பதை விடத் தெளிவாக இருக்கக்கூடும்.

□□□□□□ □□□□□□□□

துல்லியமான பொறியியல் வரைபடங்களின் (engineering drawing) அடிப்படைகளை விளக்குவது தான் இந்தக் கையேட்டின் நோக்கம். முன்னர் வரைபடத்தைத் தயாரிப்பதற்குக் கையால் வரையும் கருவிகளைப் (படம் 12) பயன்படுத்தினர். முதலில் T வடிவ வரைகோல் (T-square), மூலைவிட்டங்கள் (set square), கோணமானி (protractor) தேவைப்பட்டன. அடுத்து இவற்றுக்குப் பதிலாக உருவரைவான் (drafter or mini-drafter) வந்தது. இவை தவிர கவராயம் (compass), பிரான்சிய வளைவுகளும் (French curves) தேவைப்பட்டன. இப்பொழுது கணினி உதவியுடன் வடிவமைப்பும் உருவரைவும் செய்கிறோம் (Computer Aided Design—CAD). அடிப்படை வரைபடத் தரங்களும், மரபுகளும் நீங்கள் என்ன கருவியைக் பயன்படுத்துகிறீர்கள் என்பதைப் பொருத்ததல்ல. ஆகவே வரைபடங்களின் அடிப்படைகளைப் பயிலும் போது கையால் வரையும் கண்ணோட்டத்தில் இருந்தே அணுகுவோம்.



படம் 32—T வடிவ வரைகோல், மூலைவிட்டங்கள், உருவரைவான்

பெயர்த்தொகுதி (Title Block)

ஒரு பொறியியல் வரைபடத்தில் முக்கிய தகவல்கள் செறிந்த இடம் அதன் பெயர்த்தொகுதி. இது அந்த வரைபடத்தையும் அதன் நிறுவனத்தையும் புரிந்து கொள்ளவும், அடையாளம் காணவும், சரியானபடி சேமித்து வைக்கவும் முக்கிய நுழைவாயிலாகப் பயன்படுகிறது. வரைபடத்தின் வலது கீழ் மூலையில் எல்லைக் கோட்டுடன் இதை வரைவது வழக்கம்.

நிறுவனம் பெயர் / வணிகச் சின்னம்	நாடு		
	பெயர்		
ஆவகீகரித்தவர்	மாநிலம்	வரைபட எண்	
சரிபார்த்தவர்			
வரைநடவர்	அளவு விகிதம்	பக்கம் எண்	

படம் 33—பெயர்த்தொகுதி

பன்னாட்டுத் தரக் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு (ISO) படி வரைபடத்தின் உரிமையாளர் நிறுவனப் பெயர் அல்லது வணிகச் சின்னம், பாகத்தின் பெயர், அடையாள எண், கச்சாப் பொருள் போன்ற 8 தரவுகள் கட்டாயம் கொடுக்க வேண்டும். மற்ற சில தரவுகள் தேவைக்கேற்பக் கொடுக்கலாம்.

இயந்திரவியல் வரைபடங்களில் இவை தவிர சில தரவுகள் வடிவமைப்பாளர்களுக்கும் உற்பத்தியாளர்களுக்கும் அவசியம் தேவை. வெப்பப் பதனிடல் (heat treatment), குரும மின் பூச்சு (chrome plating) போன்ற மேற்பரப்புச் சீரமை (surface finish), பாகத்தின் எடை, [பொதுவாக அனுமதிக்கும் பொறுதி \(general tolerances\)](#) போன்ற தரவுகளை பெயர்த்தொகுதிக்கு வெளியில் கொடுக்கலாம்.

4.

(Lathe)

இங்கிலாந்து நாட்டைச் சேர்ந்த ஹென்றி மாட்ஸ்லே (Henry Maudslay) என்ற பொறியாளர் 1797-ஆம் ஆண்டு மரை வெட்டும் கடைசல் இயந்திரத்தை வடிவமைத்தார். இதைத் தாய் இயந்திரம் என்று சொல்கிறார்கள். ஏனெனில் கடைசல் இயந்திரத்தை வைத்து மற்ற இயந்திரங்களைச் செய்ய முடியும். இது மையக் கடைசல் இயந்திரம் (Center Lathe) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

உளிப்பீடத்திலுள்ள (tool post) வெட்டுளிக்கு (cutting tool) எதிராகக் கடைய வேண்டிய பணிப்பொருளை (job or work) சுழற்றுவதுதான் கடைசல் இயந்திரத்தின் வேலை. இது உருளை வடிவ (cylindrical) பாகங்களையும் அம்சங்களையும் உருவாக்குவதற்குப் பயனுள்ளதாகும். சுழலும் பகுதியின் பெயர் சுழலி (spindle). சுழலியின் பிடிப்பியிலுள்ள (chuck) பணிப்பொருளின் மேல் உளிப்பீடத்தை நகர்த்தும் போது அதில் பொருத்தியுள்ள பணிப்பொருளை உளி வெட்டுகிறது.

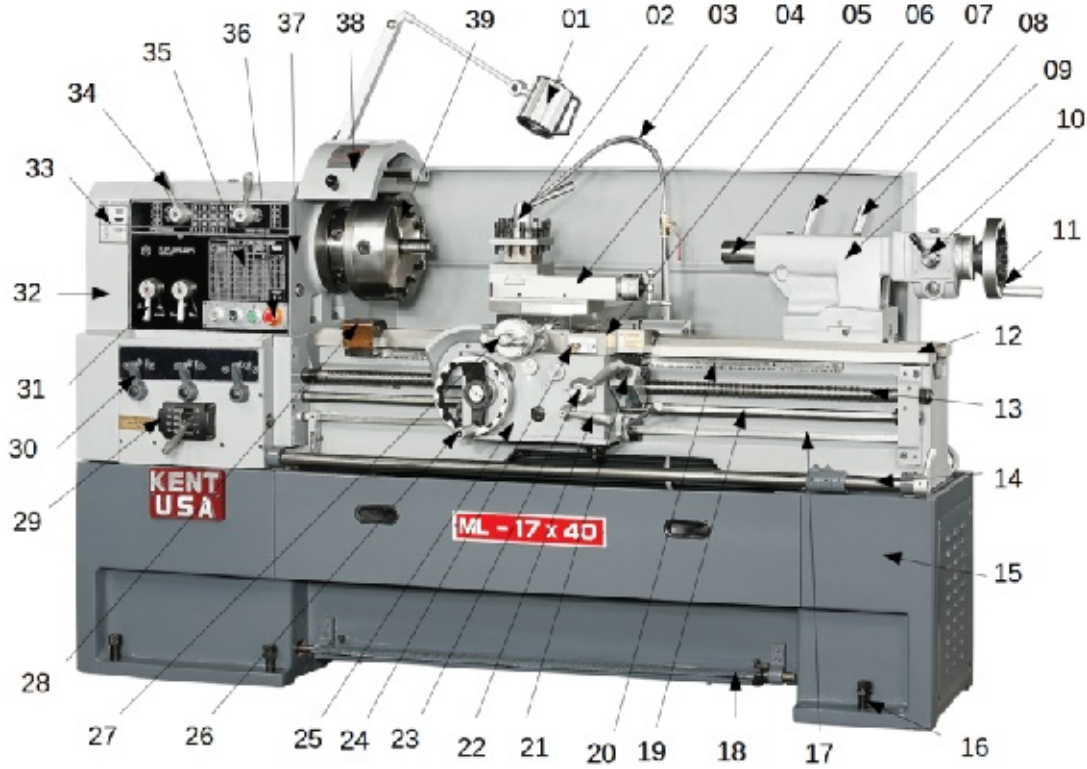
: கடைசல் இயந்திரத்தில் வேலை செய்யும்போது பிசிர் அல்லது உடைந்த உளி தெறிக்கக் கூடும். பிடிப்பியில் காப்பு மூடி போட்டு பாதுகாப்புக் கண்ணாடிகளும் அணியுங்கள். சுழலும் இயந்திர பாகங்களில் சிக்கிக் கொள்ளும் ஆபத்து உள்ளதால் தளர்வான ஆடைகள், நகைகள் அணிவதைத் தவிர்க்கவும். மற்றப் பாதுகாப்புப் பரிந்துரைகளையும் பின்பற்றுவது அவசியம்.

கடைசல் இயந்திரத்தின் அடிப்படை செயல்பாடுகளைத் தெரிந்து கொள்ள [இந்தக் காணொளியைப் பாருங்கள்](#). ஒருமுறை முழுவதும் ஓட்டிப் பார்த்து விட்டு அடுத்த முறை கீழ்க்கண்ட படிகளை ஒவ்வொன்றாகப் பார்ப்பது நல்லது:

- 0:00–0:37 முகக்கடைதல் (facing)
- 0:37–1:11 உள்துளையில் 45 பாகையில் மூலை மழுக்குதல் (chamfering—inside)
- 1:11–3:00 வெளிவிட்டம் அளவு குறைக்க 2 முரட்டு வெட்டுகள் (outer diameter—rough cuts)
- 3:00–3:40 வெளிவிட்டம் துல்லிய வெட்டு (outer diameter—finishing cut)
- 3:40–4:08 வட்ட முகப்பு வெர்னியர் அளவி (dial Vernier caliper) வைத்து அளவு எடுத்தல்

- 4:08–4:35 துண்டிக்கும் ஁ளியை (parting off tool) அமைத்தல்
- 4:35–6:22 தேவையான நீளம் வைத்துப் பணிப்பொருளைத் துண்டித்து ஁டுத்தல் (parting off)
- 6:22–7:00 துண்டித்த பக்கம் முகக்கடைதல்—முரட்டு வெட்டு (facing—rough cut)
- 7:00–7:30 துண்டித்த பக்கம் முகக்கடைதல்—துல்லிய வெட்டு (facing—finishing cut)
- 7:30–8:00 பணிப்பொருளின் அகலத்தை அளவுகோலால் (scale) அளத்தல்
- 8:00–8:36 துண்டித்த பக்கம் ஁ள்துளையில் முலை மழுக்குதல் (chamfering)
- 8:36–9:10 துண்டித்த பக்கம் வெளிவிட்டம் முலை மழுக்குதல் (chamfering)

□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□ □□□□□□□□



படம் 1 கடைசல் இயந்திரத்தின் பாகங்கள்

02: ஊளிப்பீடம் (tool post)

03: வெப்ப ஆற்றிக் குழாய் (coolant tube): வெப்ப ஆற்றி திரவம் வெட்டும் இடத்தில் ஊற்றுமாறு சரிசெய்ய உதவும் குழாய்

04: கூட்டு நகர்த்தி (compound slide): கூம்புதல் (tapering) செய்ய இதைத் தேவையான கோணத்தில் திருப்பிக் கொள்ளலாம்

05: இருக்கை (saddle): குறுக்கு நகர்த்தி, கூட்டு நகர்த்தி, ஊளிப்பீடம் ஆகியவை இதன் மேல் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இது தளத்தில் நீளவாக்கில் நகரும்.

09: பின் தாங்கி (tail stock)

12: தளம் (lathe bed)

13: திருகேற்றி (lead screw): இதன் முக்கிய வேலை மரை வெட்டும்போது இருக்கையை நகர்த்துவதுதான்

18: அவசர நிறுத்துக் கோல் (emergency stop and brake bar)

19: ஊட்டக்கம்பி (feed rod): மரை வெட்டுவது தவிர மற்ற வேலைகளுக்கு இருக்கையை நகர்த்துகிறது

27: குறுக்கு நகர்த்தி (cross slide)

32: தலைப் பகுதி (head stock)

36: அவசர நிறுத்து விசை (emergency stop button)

38: பிடிப்பியின் காப்பு மூடி (chuck safety shield)

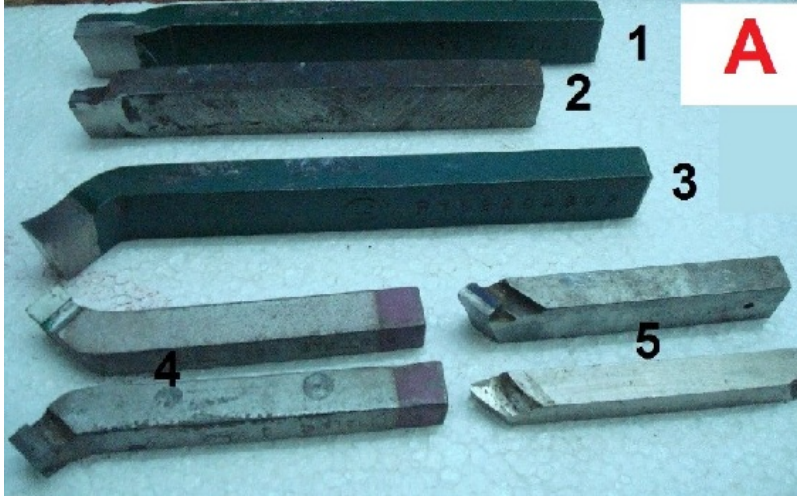
39: பிடிப்பி (chuck)

□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□

(work holding

tools)

- மூன்று தாடை பிடிப்பி (three jaw chuck): பாகம் உருளை வடிவமாக இருந்தால், இதைப் பயன்படுத்துவோம். மூன்று தாடைகளும் ஒருங்கிணைந்து நகருவதால் உருளையான பணிப்பொருளைத் தானாகவே மையப்படுத்தி விடும்.
- நான்கு தாடை பிடிப்பி (four jaw chuck): பாகம் உருளை வடிவத்தில் இல்லை என்றால், பணிப்பொருளைப் பிடித்து சரியான இடத்தில் நிலைநிறுத்துவதற்கு இதைப் பயன்படுத்தலாம்.
- முகப்புத்தட்டு (face plate): பணிப்பொருள் ஒரு வித்தியாசமான வடிவத்தில் இருந்து, பிடிப்பியில் பிடிக்க முடியாதென்றால், நாம் இதில் பிடிக்கலாம்.



படம் 2 கடைசல் உளி எஃகினால் ஆன வெட்டுளிகள்

- கடைசல் உளி எஃகு (High Speed Steel—HSS) என்ற கலப்புலோகம் கடைசல் இயந்திரத்தில் வெட்டு வேகத்தை அதிகரிக்கவே உருவாக்கியது. இதனால் செய்த சில வெட்டுளிகளை படம் 2 இல் காணலாம்.
- கரிமைடு முனைகள் (carbide tips) கொண்ட உளி மிகவும் கடினமானது. அதிக எண்ணிக்கையில் பாகங்களை உற்பத்தி செய்யத் தகுந்தது. கரிமைடு வெட்டுளி முனைகளையும் அதற்கான பிடிப்பிகளையும் (holder) படம் 3 இல் காணலாம்.



படம் 3 கரிமைடு முனைகளும் அதற்கான பிடிப்புகளும்

- உளிப்பீடம் (Tool post): பொதுவாக நான்கு உளிகளைப் பிடிக்க வசதியிருக்கும். மேல் திறுகுகோலைத் தளர்த்தி, உளிப் பிடிப்பியைத் திருப்பி வேறு ஒரு உளியை வெட்டும் இடத்துக்கு உடன் கொண்டு வர முடியும். உற்பத்தி

வேலையில் நேரம் வீணாகாமலிருக்க இது உதவுகிறது.

(carriage)

- இருக்கையே நீளவாக்கில் நகர்த்தியாக செயல்படுகிறது.
- முகக்கடைதல் (facing) போன்ற வேலைகளுக்குக் குறுக்கில் நகர்த்த குறுக்கு நகர்த்தி (cross slide).
- தேவையான கோணத்தில் நகர்த்தி சரிவான கூம்புகள் கடைசல் செய்ய கூட்டு நகர்த்தி (compound slide).

(automatic feeds)

- தானியங்கியாக உளியை நகர்த்தி கடைசல் செய்ய உளியை நகர்த்தும் ஊட்டக் கம்பி (feed rod).
- மரை வெட்ட (thread cutting) திருகேற்றி (lead screw).
- மின்விசையால் இயக்கப்படும் தலைப் பகுதியில் (headstock) பிடிப்பிகள் பொருத்துகிறோம். வார்ப்பட்டை ஓட்டிகள் (belt drives) மற்றும் பல்சக்கரத் தொடர்களின் (gear trains) வழியாக சுழல் வேகத்தைத் தேவையானபடி மாற்றலாம்.
- நீண்ட பாகங்கள் உதறாமல் சுழல பின்தாங்கி (tailstock) தேவை.
- நீண்ட மெல்லிய பாகங்கள் வளைவதைத் தடுக்க நாம் ஒரு மையத்தாங்கியைப் (steady) பயன்படுத்த வேண்டும். நிலையான மையத்தாங்கி (fixed steady), நகரும் மையத்தாங்கி (moving steady) என இருவகைகள் உண்டு.
- இவை அனைத்தும் கடைசல் இயந்திரத்தின் தளத்தில் (lathe body or bed) பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□

- வெட்டு வேகம் (cutting speed): வெட்டு முனையில் பாகத்துக்கும் உளிக்கும் இடையேயுள்ள சார்பு வேகம் நிமீயெ (நிமிடத்திற்கு மீட்டர்கள் எண் meters per minute) = $\pi \times D \times N$. இந்த சூத்திரத்தில் $\pi = 3.14$; D = பணிப்பொருளின் விட்டம் மீட்டரில்; N = சுழலியின் நிசயெ (நிமிடத்திற்கு சுழற்சிகளின் எண் rpm).

- கடையப்போகும் பாகம் என்ன பொருளால் ஆனதோ அதற்கான வெட்டு வேகம், ஊட்டம் மற்றும் வெட்டு ஆழம் தரவுக் கையேட்டிலிருந்து (Machinery's Handbook) தேர்ந்தெடுக்கவும்.
- சுழலியின் ஒரு சுற்றுக்கு 2எளி நீளவாக்கில் நகரும் சுமியெ (சுழற்சிக்கு மில்லிமீட்டர் எண் mm/rev) தூரத்தைத்தான் ஊட்டம் (feed) என்று சொல்கிறோம்.
- பணிப்பொருளில் 2எளி பதியும் அளவை வெட்டு ஆழம் (depth of cut) என்கிறோம்.

□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□□

- பாகத்தின் வரைபடங்களையும் கச்சாப் பொருளையும் பார்த்தால் எம்மாதிரிப் பிடிப்பி தேவை என்று தெரியவரும்.
- கச்சாப் பொருளின் அளவைப் பொருத்து எவ்வளவு வெட்டிக் குறைக்க வேண்டும் என்று தெரியவரும்.
- கடைதல், முகக்கடைதல், மரையிடுதல் மற்றும் கச்சாப் பொருளைப் பொருத்து வெட்டுளி தேர்வு செய்ய வேண்டும்.
- கச்சாப் பொருளைப் பொருத்து எவ்வளவு வேகத்தில் வெட்ட முடியும், வெட்டு ஊட்டம், வெட்டு ஆழம் தேர்வு செய்ய வேண்டும்.
- எந்த வரிசையில் வேலை செய்ய வேண்டுமென்று முடிவு செய்ய வேண்டும்.
- பணிப்பொருள் மற்றும் வெட்டுளிகளைச் சேகரிக்கவும்.

□□□□□□□□□□ □□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□ □□□□

- கச்சாப் பொருளைப் பிடிப்பியில் பொருத்தவும்.
- 2எளியை 2எளிப்பீடத்தில் பொருத்தவும்.
- 2எளியின் முனை சுழலும் அச்ச 2யரத்தில் சரியாக இருக்கவேண்டும்.
- 2ருளை கடைசலுக்கு, விட்டத்தைக் குறைக்க எத்தனை வெட்டுகள் தேவை என்று பார்த்து ஒன்றொன்றாகச் செய்யவும்.
- கூம்பு கடைசலுக்கு, கூட்டு நகர்த்தியில் கூம்புக் கோணத்தில் பாதியை அமைத்து, 2ருளை கடைசல் போலவே தொடரவும்.
- மரை வெட்டுவதற்கு, சுழலியின் நிசயெ (நிமிடத்திற்கு சுழற்சிகளின் எண் rpm) மற்றும் திருகேற்றியின் நிசயெ இடையேயுள்ள சரியான விகிதத்தைத் தேர்ந்தெடுக்கவும்.
- ஒரு கடைசல் எந்திரத்தின் திருகேற்றி 2 அமயெ (அங்குலத்துக்கு மரை எண் Thread Per Inch - TPI) அல்லது மரையிடைத்தூரம் (pitch) = 12.7 மிமீ (ஒரு அங்குலத்துக்கு 25.4 மிமீ) என்று வைத்துக் கொள்வோம்.

- இந்த கடைசல் எந்திரத்தில் 1.75 மிமீ மரையிடைத்தூரம் உள்ள மரை வெட்ட வேண்டும்.
- திருகேற்றி ஒரு சுற்று சுற்றும் போது, இருக்கை 12.7 மிமீ முன்னோக்கி நகரும். நமக்கோ அது 1.75 மிமீ மட்டுமே நகர வேண்டும். எனவே, சுழலி ஒரு முழு சுற்று சுற்றும் போது, திருகேற்றி நமக்கு $1.75 / 12.7$ சுற்று மட்டுமே திரும்ப வேண்டும். மேலெண், கீழெண் இரண்டையுமே 20 ஆல் பெருக்கினால் $35 / (127 \times 2)$ கிடைக்கும்.
- இத்தகைய பதின்ம அளவு (metric) மாற்றத்திற்காகவே கடைசல் இயந்திரங்கள் 127 பற்கள் கொண்ட பல்சக்கரத்துடன் வருகின்றன. நாம் திருகேற்றி பக்கத்தில் 127 பற்கள் கொண்ட பல்சக்கரமும், பிடிப்பி பக்கத்தில் 35 பற்கள் கொண்ட பல்சக்கரமும் அமைக்க வேண்டும்.
- கூடுதலாக, கூட்டு பல்லிணையில் (compound gear), நாம் பிடிப்பி பக்கத்தில் 40 பற்கள் தேர்வு செய்து, திருகேற்றி பக்கத்தில் 80 பற்கள் தேர்வு செய்தால், நமக்கு 2 மடங்கு வேகக்குறைப்பு கிடைக்கும். எனவே, ஒட்டுமொத்தக் குறைப்பு $40/80 \times 35/127 = 35 / (127 \times 2)$.
- சரிபார்த்தல்: இதைச் சரிபார்க்க, மேற்கண்டவாறு பற்சக்கரங்களை இணைத்த பின்னர், முன்தாங்கியை ஒரு முழுச் சுற்றுத் திருப்பவும். இருக்கை 1.75 மிமீ முன்னோக்கி நகர்ந்ததா என்பதை சரிபார்க்கவும்.

□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□

- கடைதல் (turning)
- படிகள் கடைதல் (step turning)
- மரையிடுதல் (screw thread cutting)
- துளையிடுதல் (drilling): பின் தாங்கியில் துரப்பணவலகைப் (drill bit) பொருத்தித் துளையிடலாம்.
- முகக்கடைதல் (facing): கடைசலின்போது நாம் சுழலியின் அச்சில் வெட்டுகிறோம். முகக்கடைதலில் நாம் சுழலியின் அச்சுக்கு செங்குத்தாக வெட்டுகிறோம்.
- கூம்புதல் (taper turning): கூம்புதலில் நாம் சுழலியின் அச்சிலிருந்து சில பாகைகளில் வெட்டுகிறோம்.
- குடைதல் (boring) அல்லது துளையைப் பெரிதாக்குதல்.
- பொளிதல் (knurling): கைப்பிடி வழுக்காமலிருக்க குறுக்கு நெடுக்குக் கோடுகள் போடுவது. நுண்மானியின் (micrometer) கைப்பிடியில் இம்மாதிரி சொரசொரப்பாக இருப்பதைப் பார்க்கலாம்.
- உள் மரையிடுதல் (internal thread cutting).

(Acknowledgements)

- [தமிழில் கடைசல் இயந்திர வேலை பற்றிய கானொளி—N. சண்முகம், பொறியியலாளர், மதுரை பொறியியல் நிறுவனம்](#)
- [கடைசல் இயந்திரம் \(Center Lathe\) கானொளி—பாகம் 1—by Teach Me Tekkie](#)
- விக்சிப்பீடியா [படங்கள்](#) மற்றும் கட்டுரைகள்

(LibreCAD)

16.04

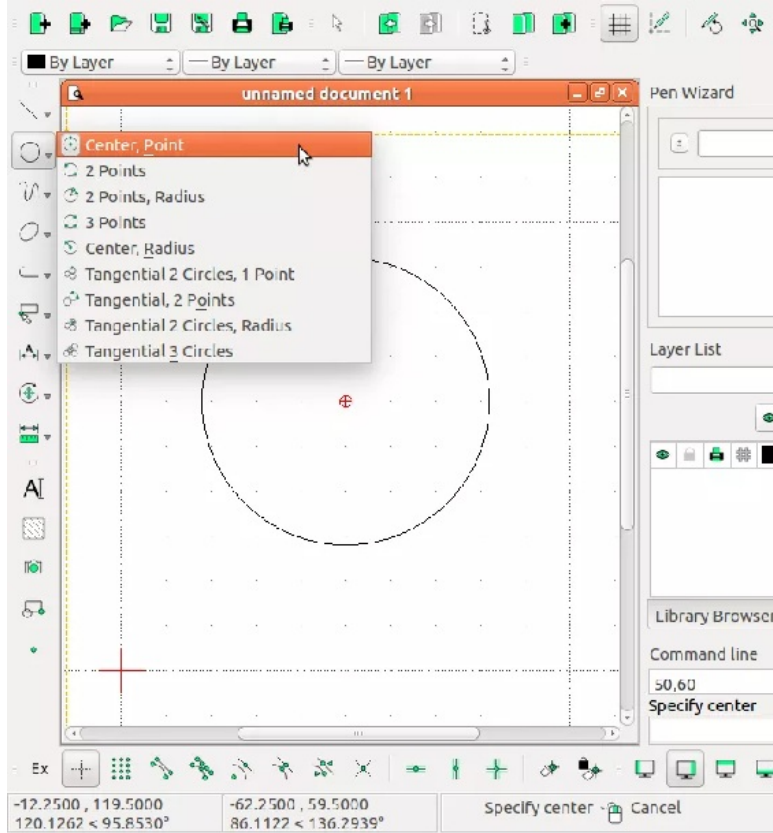
2.2.0

பின்னால் மாற்றவேண்டுமென்றால் தேர்வுப் பட்டியலில் Options (தேர்வுகள்) -> Current Drawing Preferences (இப்போதைய வரைபட விருப்பங்கள்) இல் சென்று, Units (அளவைகள்) என்ற தத்தலில் முக்கிய வரைபட அளவையில் (Main Drawing Unit) மிமீ (Millimeter) என்று தேர்ந்தெடுக்கவும். இதே உரையாடல் பெட்டியில் நீங்கள் அச்சிடப் போகும் தாளின் அளவையும், நீங்கள் வரையப்போகும் படம் வரித்தோற்றமா (orthogonal) அல்லது சம அளவுத் தோற்றமா (isometric) மற்றும் பின்புலக் கட்டங்களின் இடைவெளியையும் தேர்வு செய்யலாம். மேலும் இது கருப்புப் பின்னணியில் வெள்ளைக் கோடுகளாகப் படம் வரையும். வெள்ளைப் பின்னணியில் கருப்புக் கோடுகளாகப் படம் வரைய வேண்டுமென்றால் Options (தேர்வுகள்) > Application Preferences (செயலி விருப்பத் தேர்வுகள்) > Background (பின்னணி) சென்று #FFFFFF என்று மாற்றவும்.

பல வடிவமைப்பாளர்கள் ஒழுங்கமைப்பு வசதிக்காக “கட்டத்துடன் நேர்ப்படுத்து (snap to grid)” என்று தேர்வு செய்வதால், கட்ட இடைவெளியை நிர்ணயிக்கும் முன் உங்கள் வரைபடத்திற்குத் தேவையான துல்லியத்தை நீங்கள் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். உயர் பிரிதிறன் கட்டம் (higher resolution grid) தேர்ந்தெடுத்தால், நீங்கள் படத்தைப் பெரிதாக்கியபின் (zoom in) தானாகவே மாற்றிக்கொள்ளும். கீழ்க் கருவிப்பட்டையிலிருந்து Snap on Grid (கட்டத்துடன் நேர்ப்படுத்து) என்று தேர்வு செய்யலாம்.

□□□□□□□□□□□□□□ (flange) □□□□□□

நாம் ஒரு விளிம்புத்தட்டு பாகத்தை வடிவமைத்து அதை இயந்திரப் பணிமனைக்கு அனுப்பவேண்டும் என்று வைத்துக் கொள்வோம். செயலியின் இடது பக்கத்தில் பல தேர்வுகள் கொண்ட கருவி பெட்டி ஒன்று உள்ளது. நம்முடைய விளிம்புத்தட்டு வட்டவடிவம். எனவே நாம் வட்டக் குறிப்படத்தை சொடுக்கி அதைத் தேர்வு செய்வோம். நம் வடிவமைப்பின் வகையைப் பொறுத்து, வெவ்வேறு வழிகளில் வட்டங்களை வரையலாம். ஆனால் இந்த எடுத்துக்காட்டுக்கு, நாம் மையப்புள்ளி வழியையே (Center, Point) தேர்வு செய்வோம். உடன் சுட்டி குறுக்கு இழைகளாக (cross hairs) ஆகிவிடும். வரைபடத்தில் எங்கு வேண்டுமோ அங்கு சொடுக்கினால் அங்கு வட்டத்தின் மையப்புள்ளியை வைக்கும். பின்னர் மையத்திலிருந்து ஆரம் அளவுக்கு இடம் விட்டு நகர்த்தினால் வட்டத்தின் அளவைக்காட்டும். வேறொரு புள்ளியில் சொடுக்கினால் வட்டம் வரைந்து விடும். உள் விட்டத்தைக் காட்ட அதே மையத்தை வைத்துப் பொதுமைய வட்டம் இன்னொன்று வரையவேண்டும். இதற்கு கீழ்க்கண்ட முறையில் கட்டளை வரிப்பெட்டியில் வரைவது வேலையை எளிதாக்கும்.

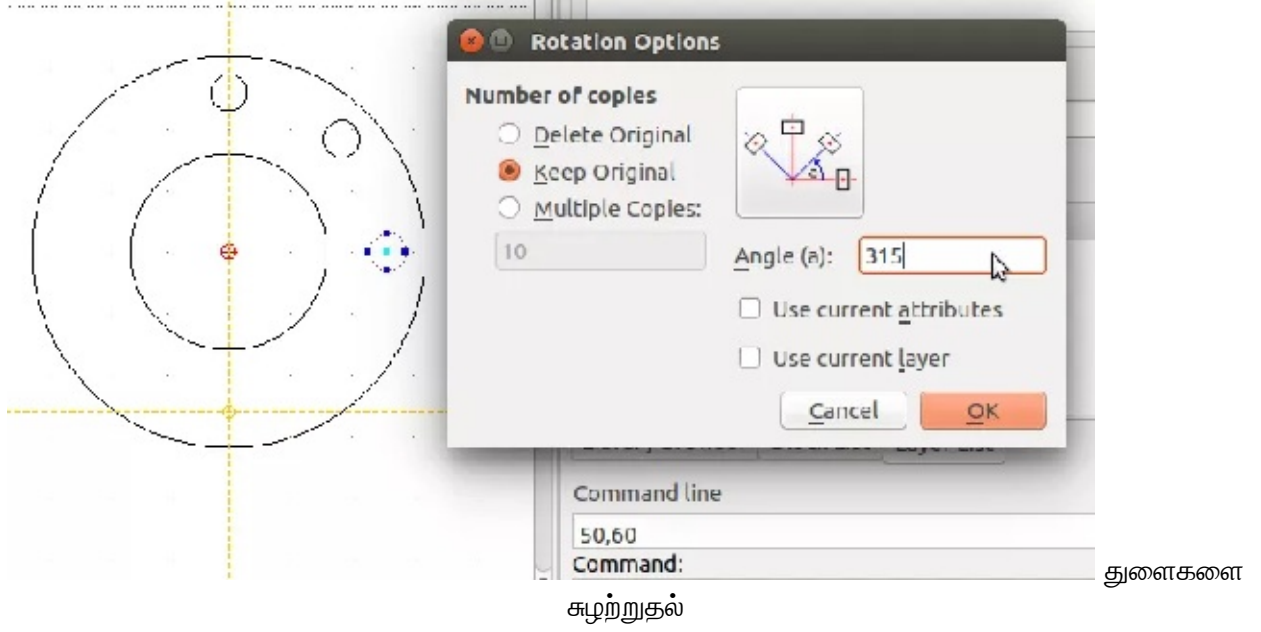


மாற்றாக, நீங்கள் இடைமுகத்தின் கீழே உள்ள கட்டளை வரிப் பெட்டியில் புள்ளிகளின் அச்சுத்தூரங்களைக் கொடுத்தாலும் வட்டம் வரைந்து விடும். எடுத்துக்காட்டாக, நம் மையப்புள்ளி 50,60 இல் உள்ளது. எனவே கட்டளை வரிப் பெட்டியில் இதையே எழுதி உள்ளிட்டால் அங்கு மையப்புள்ளியை வைக்கும். இதேபோல அடுத்து 32 ஆரத்தையும் உள்ளிட்டால் வட்டம் வரைந்து விடும். இதேபோல உள்விட்டத்தைக்காட்ட அதே மையப்புள்ளி உள்ள 16 ஆரம் கொண்ட வட்டத்தையும் வரைவோம்.

□□□□□□□ □□□□□□

நம்முடைய விளிம்புத்தட்டை சம அளவில் சம தூரத்திலுள்ள எட்டு துளைகளில் மரையாணிகளை வைத்து நாம் பொருத்தப் போகிறோம் என்று வைத்துக் கொள்வோம். ஆகவே நாம் உள்விட்டத்துக்கும் வெளிவிட்டத்துக்கும் நடுவில் சுற்றிலும் எட்டு துளைகளை வரைய வேண்டும். தனியாகக் கணக்கிட்டு அச்சுத் தூரங்களை எழுதிக் கொண்டு மேலே வரைந்தது போல துளைகளை வரையலாம். லிபர்கேட்-இன் திறன்களைப் பயன்படுத்தி இந்த வேலையை எளிதாக்குவது மற்றொரு வழி.

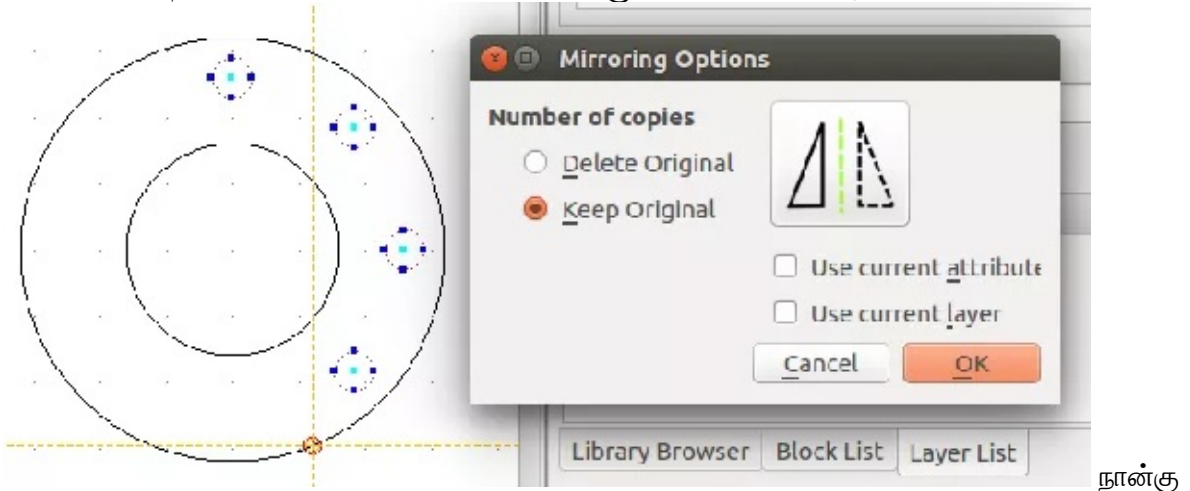
1. முதலில் ஒரு துளையைத் தேவையான இடத்தில் வரைந்து கொள்ளவும்.
2. பின் கருவி பெட்டியில் சென்று Modify (மாற்று) -> Rotate (சுழற்று) விருப்பத்தைத் தேர்வு செய்யவும். அடுத்து எதைச் சுழற்றுவதென்று கேட்கும். நீங்கள் வரைந்த துளையைத் தேர்ந்தெடுத்து உள்ளிடவும்.
3. அடுத்து எந்தப் புள்ளியை மையமாக வைத்துச் சுழற்றுவதென்று தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். இது 50,60 இல் உள்ள விளிம்புத்தட்டின் மையம்தான். அதைச் சொடுக்கலாம் அல்லது கட்டளை வரியில் 50,60 உள்ளிடலாம்.
4. அதன் பிறகு, எந்தப் பக்கம் சுழற்றுவது என்று கேட்கும். முதல் துளையின் மையத்தைத் திரும்பவும் சொடுக்கி இரண்டாவது துளையைத் தோராயமாக உள்ளிடலாம்.
5. அதை வைத்த பின்னர், ஒரு புதிய சாளரம் திறக்கும். இது சுழற்சியைத் துல்லியமாக உள்ளிட வழிதரும்.



6. இதைப் போலவே நான்கு துளைகள் வரை செய்யவும். பின்னர் “Mirror (கண்ணாடி)” கருவியைப் பயன்படுத்தி இந்த நான்கு துளைகளின் பிம்பம் உருவாக்கலாம்.

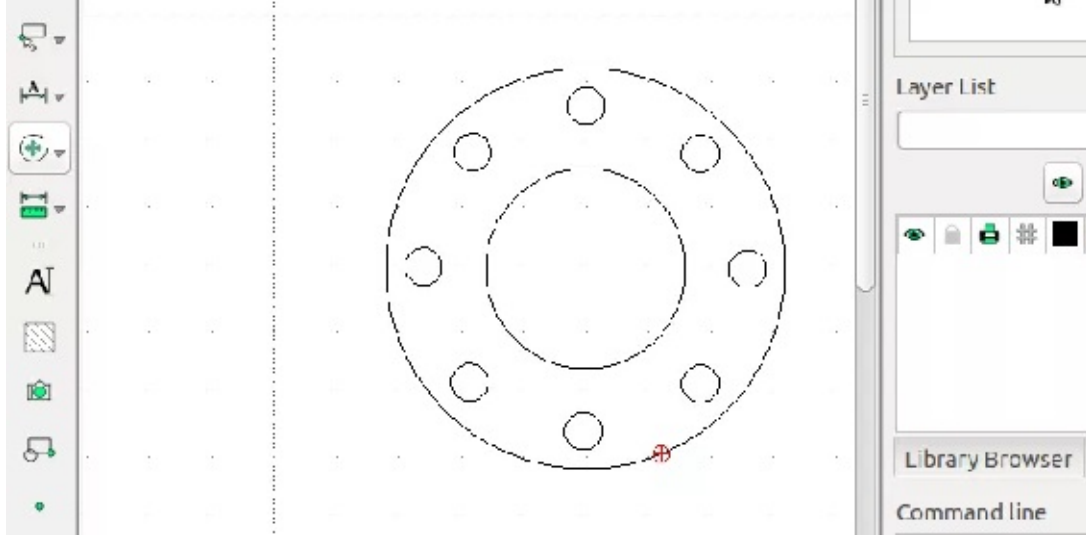
7. மீண்டும் கருவி பெட்டிக்குச் சென்று **Modify (மாற்று)** -> **Mirror (கண்ணாடி)** என்பதைத் தேர்ந்தெடுத்து, நான்கு துளைகளையும் தேர்வு செய்து உள்ளிடவும். அடுத்து கண்ணாடியாக வைக்க ஒரு கோடு தேவை. கோட்டின் முதல் புள்ளி விளிம்புத்தட்டின் மையம்தான்.

8. இரண்டாவது புள்ளியைத் துல்லியமாகத் தேர்வு செய்யக் கட்டம் நெருக்கமாக இல்லையென்றால், மீண்டும் கட்டளை வரி மூலம் சரியான புள்ளியை உள்ளிடுக.



துளைகளின் பிம்பம் உருவாக்குதல்

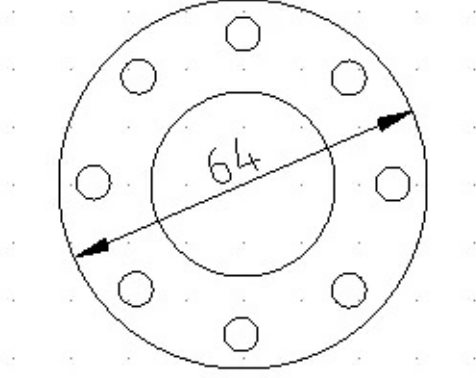
சுற்றிலும் எட்டு துளைகள் சம தூரத்தில் வந்தால் எல்லாம் சரியாக உள்ளது.



சம தூரத்தில் எட்டு துளைகள்

□□□□ □□□□□□□□

விளிம்புத்தட்டை வரைந்து விட்டோம். இனி இயந்திரப் பணிமனையில் இதைச் செய்யப் போகும் தொழில் வினைஞருக்குத் தேவையான அளவுகள் கொடுக்க வேண்டும். Tools (கருவிகள்) -> Dimension (அளவு) -> Diametric (விட்டம்) வட்டத்தைத் தேர்வு செய்து கோணத்தையும் கொடுத்தால் அக்கோணத்தில் தானே விட்டம் அல்லது ஆரம் வரைந்து அளவும் கொடுத்து விடும்.



விளிம்புத்தட்டின் அளவு காட்டுதல்

மற்றும் தடிப்பைக் காட்ட விளிம்புத்தட்டின் இரண்டு மூலைகளையும் தேர்வு செய்து வெளி விளிம்புக்கு மேல் அளவு காட்டலாம்.

□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□

உங்கள் வரைபடத்தைத் தேவையான வடிவங்களில் சேமிக்க இரண்டு வழிகள் உண்டு. கோப்பு (File) > எனச் சேமி (Save As) தேர்வு செய்து dxf வடிவத்தில் சேமிக்கலாம். இந்த வடிவம் ஆட்டோகேட் (AutoCAD) கணினி உதவி வடிவமைப்பு செயலியில் திறக்கத் தோதானது. 2000, 2004, 2007, 2012 மற்றும் 2014 ஆட்டோகேட் வெளியீடுகளுக்குத் தோதாகவும் சேமிக்க முடியும். கோப்பு (File) > ஏற்றுமதி (Export) பயன்படுத்தி கணினித் திரையில் பார்க்கவும் அச்சிடுவதற்கும் தோதான jpg, png, tiff, bmp மற்றும் svg வடிவங்களிலும் சேமிக்கலாம்.

6.

(Milling machine)

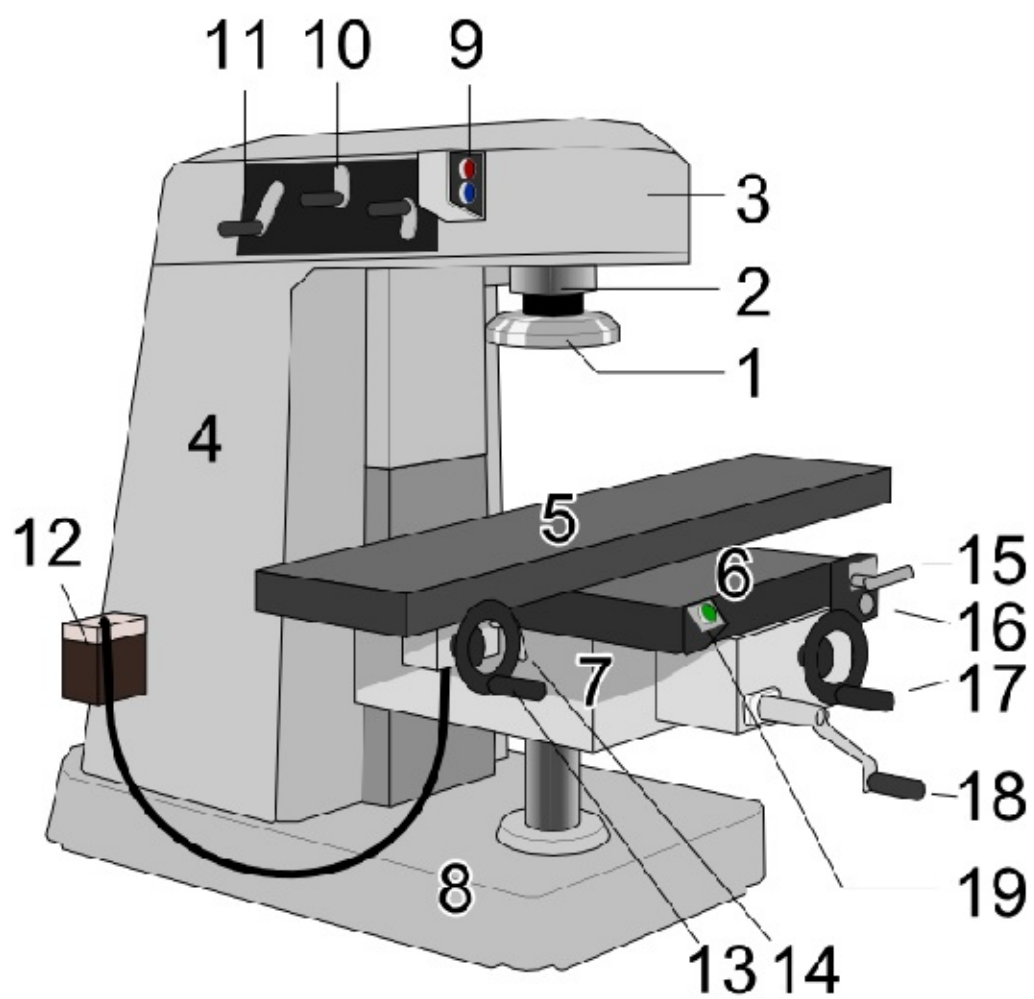
பணிப்பொருளை நகர்த்தி ஊட்டம் கொடுப்பதன் மூலம் பணிப்பொருளிலிருந்து பொருண்மத்தை அகற்றுவதற்காக சுழலும் உளிகளைப் பயன்படுத்தும் இயந்திர செயல்முறைதான் துருவல் ஆகும். கடைசல் இயந்திரத்தில் பணிப்பொருள் சுழல்கிறது, உளியை நகர்த்துகிறோம். மாறாக துருவல் இயந்திரத்தில் உளி சுழல்கிறது பணிப்பொருளை நகர்த்துகிறோம். மேலும் கடைசல் இயந்திரத்தில் பொதுவாக ஒற்றை முனை உளிகளைப் பயன்படுத்துகிறோம். மாறாக துருவல் இயந்திரத்தில் பல்முனை உளிகளைப் பயன்படுத்துகிறோம்.

சிறிய அளவிலான பாகங்களிலிருந்து பெரிய, கனரக கூட்டுத் துருவல் வேலைகள்வரை செய்ய முடியும். துல்லியமான பொறுதியில் (tolerance) தனிப்பயன் பாகங்களை வெட்டித் தயாரிக்கும் இயந்திரமாக இது மிகவும் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் செயல்முறையில் ஒன்றாகும்.

: “பாதுகாப்புக்கு முதலிடம் (Safety First)”. இயந்திரங்களில் வேலை செய்யும்போது அந்த இயந்திரத்திற்கான மற்றும் அந்தப் பணிமனையின் பாதுகாப்புப் பரிந்துரைகளைப் பின்பற்றுவது மிக அவசியம்.

துருவல் இயந்திரங்கள் பொதுவாக இரண்டு வகைப்படும். உளி செங்குத்து அச்சில் சுழன்றால் அது செங்குத்து துருவல் இயந்திரம். உளி கிடைமட்ட அச்சில் சுழன்றால் அது கிடைமட்டத் துருவல் இயந்திரம்.

செங்குத்துத் துருவல் இயந்திரம் **(Vertical Milling Machine)** பாகங்கள்



செங்குத்துத் துருவல் இயந்திரம் (Vertical Milling Machine)

[By Tosaka CC BY 3.0](#)

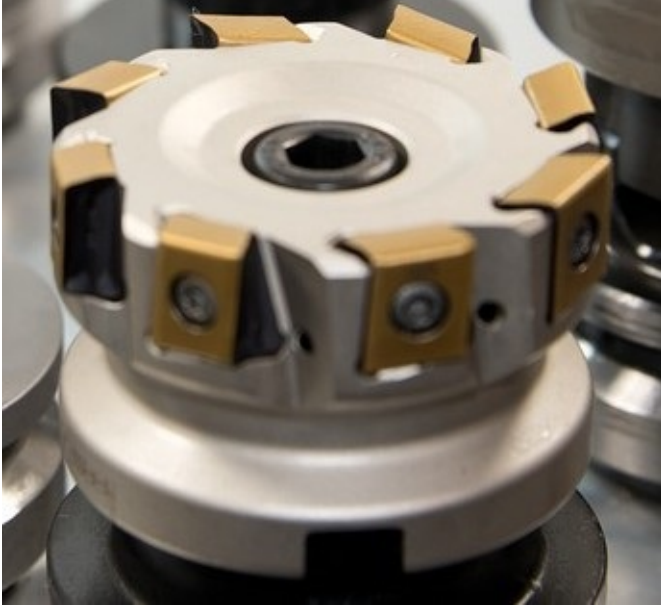
செங்குத்துத் துருவல் இயந்திரத்தில் சுழலியும் அதில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் உளியும் செங்குத்து அச்சில் உள்ளன.

1. முகப்புத் துருவல் உளி (Face milling cutter)
2. சுழலி (Spindle)
3. சுழலி தலை
4. தூண்
5. மேசை
6. இருக்கை (Saddle)
7. முழங்கால் (Knee)
8. அடித்தளம்
9. சுழலி இயக்கி
10. சுழலி வேகமாற்றும் பற்சக்கரம் நெம்பி (Spindle speed gear lever)
11. சுழலி வேகக் கட்டுப்பாடு நெம்பி (Spindle speed control lever)
12. எண்ணைத் தொட்டி
13. மேசை கைச்சக்கரம்
14. மேசை பூட்டுக் கோல்
15. இருக்கைத் தானியங்கி நகரும் கோல் (Saddle automatic moving bar)
16. இருக்கைத் தானியங்கி நகரும் கட்டுப்பாடு சுழற்றி (Saddle automatic moving control dial)
17. இருக்கைக் கைச்சக்கரம்
18. முழங்கால் கைச்சக்கரம்
19. விரைவு விசை

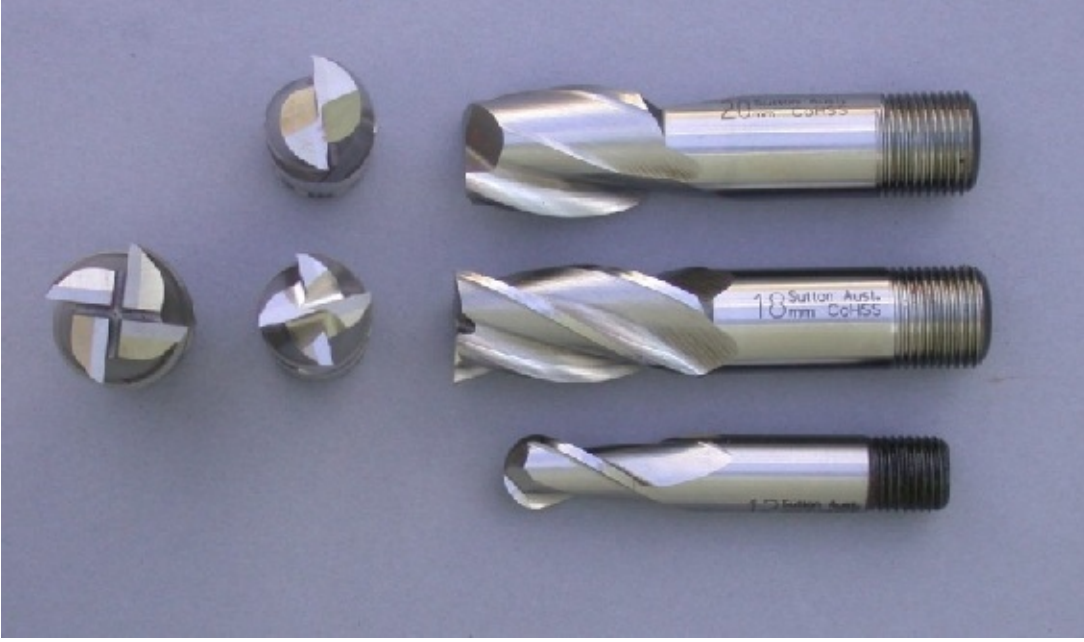
இயந்திரப் பணிமனையில் பஸ்துறைத் திறமைவாய்ந்த இயந்திரங்களில் துருவல்

இயந்திரம் ஒன்றாகும். பொதுவாக இவை தட்டை மேற்பரப்புகளை வெட்டப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கூடுதலாக, துளையிடுதல் (drilling), குடைதல் (boring), பற்சக்கரம் வெட்டுதல் (gear cutting) மற்றும் காடி (key slot) வெட்டவும் இவற்றைப் பயன்படுத்தலாம். நகரும் பணிப்பொருளிலிருந்து உலோகத்தை அகற்றுவதற்கு துருவல் இயந்திரம் பல்முனை உளிகளைப் பயன்படுத்துகிறது.

துருவல் உளிகளும் **(Milling Cutters)** பிடிப்பான்களும்



முகப்புத் துருவல் ஁ளி (End Mill)



நீள்துவாரம், சாவிக்காடி வெட்டப் பயன்படும் நுனிவெட்டு ஊளிகள்

வில்குருள் கவ்வி (Spring Collets) வைத்து முகப்புத் துருவல் ஊளிகளை இயந்திரத்தில் பிடிக்கிறோம்.



கிடைமட்டத் துருவல் இயந்திரத்தின் ஊளி (Cutter for Horizontal Milling Machine)

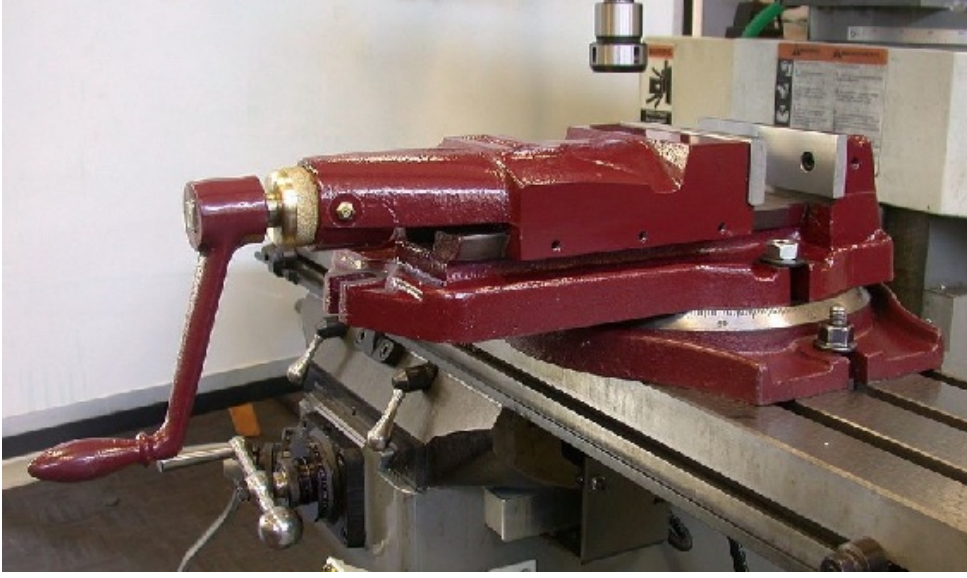
காடியில் சாவி போட்டு இம்மாதிரி ஊளியை சுழலியில் பொருத்துகிறோம்.



விலக்கக் குடைதல் ஁னி (Offset Boring Head)

போதிய ஁ளவில் துர஁பணவலகு (drill bit) இல்லையென்றால் துள஁களை஁ ஁ெரிதாக்கவும், துல்லியமாக்கவும் விலக்கக் குடைதல் ஁னி ஁யன்படுகிறது.

துருவல் இயந்திர஁ ஁டி஁஁ான்

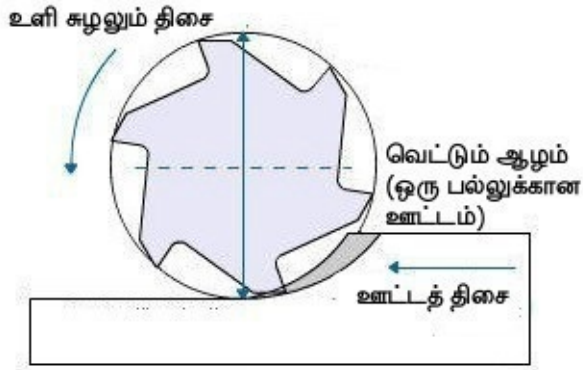


தேவையான பாகையில் திருப்பி வைக்கவல்ல பொறிக் கதுவை (A machine vice that can be turned to the required angle)

பெரும்பாலான பணிப்பொருட்கள் மேசையில் பொருத்தப்பட்டுள்ள பொறிக் கதுவையில் பிடிக்கப்படுகின்றன. 'T' வடிவ மரையாணியைப் பயன்படுத்தி கதுவையை மேசையில் பொருத்துகிறோம்.

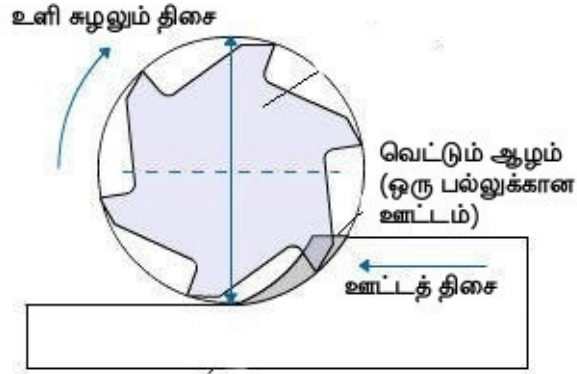
வழக்கமான துருவலும் (Conventional milling) ஏறு துருவலும் (Climb milling)

வழக்கமான துருவலுக்கும் ஏறு துருவலுக்கும் வித்தியாசம் தெரிந்து கொள்வது முக்கியம். தவறான செயல்முறையைப் பயன்படுத்தினால் உளிகள் உடைந்து பணிப்பொருட்களும் வீணாகலாம்.



வழக்கமான துருவல்

பணிப்பொருள் உளியின் சுழற்சியை எதிர்த்து ஊட்டப்படுகிறது. பொதுவாக முரட்டு வெட்டுக்கு வழக்கமான துருவலைப் பயன்படுத்தலாம்.



ஏறு துருவல்

□□□□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□

துருவல் தலையில் ஒரு உளிபிடிப்பான் ஊட்டம் நெம்பி உள்ளது. இருக்கையை X, Y மற்றும் Z அச்சுகளில் கைமுறையாக நகர்த்தி ஊட்டம் கொடுக்கலாம். முதலில் Z அச்சு, பின்னர் Y அச்சு, கடைசியாக X அச்சை சரிசெய்வது சிறந்த நடைமுறையாகும்.

துருவல் இயந்திரம் நீளவாக்கில் அதாவது X அச்சில் பொதுவாக மின் ஊட்டம் பெறும். ஒரு முன்னோக்கி மற்றும் பின்னோக்கி நகர்த்தும் நெம்பி மற்றும் வேகக் கட்டுப்பாட்டுக் குமிழ் மின் ஊட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. கைமுறையான ஊட்டத்தைவிட மின் ஊட்டம் கொடுத்தால் சிறந்த பரப்புச் சீரமை தயாரிக்க முடியும். தவிர நீண்ட வெட்டுகளில் இயந்திரத்தை இயக்குபவர் சோர்வையும் மின் ஊட்டம் குறைக்கும்.

உளிகளை சில்லச்சாணியில் (Arbor) பிடிக்கிறோம். 'V' வடிவ வார்ப்பட்டை ஓட்டிகள் (belt drives) மற்றும் பல்சக்கரத் தொடர்களின் (gear trains) வழியாக சில்லச்சாணியின் சுழல் வேகத்தைத் தேவைக்கேற்றவாறு மாற்றலாம்.

கிடைமட்டத் துருவல் இயந்திரத்தில் செய்யக்கூடிய பல்வேறு வகை வேலைகள்:

- பக்க மற்றும் முக உளி பயன்படுத்தி காடி வெட்டலாம்.
- உள்ளீடற்ற (shell) உளி என்ற ஒரு அகலமான உளி பயன்படுத்தி தட்டை மேற்பரப்புகளை வெட்டலாம்.
- பல் சக்கரக் காடி போன்ற பக்கத்தோற்றம் கொண்டிருக்கும் ஒரு உளியும் மற்றும் திருப்பு பொறுத்தமைவும் (indexing fixture) பயன்படுத்தி பல் சக்கரம் வெட்டலாம்.
- பல உளிகள் பொருத்தி கூட்டுத் துருவல் செய்யலாம்.

துருவல் இயந்திரத்தில் பல்முனை உளி பயன்படுத்துவதால் ஒரு பல்லுக்கு இவ்வளவு மிமீ என்று ஊட்டம் கொடுக்க வேண்டும். ஆனால் வெட்டு ஆழம் கடைசல் இயந்திரம் போலவே தான்.

பொதுவாகக் கிடைமட்டத் துருவல் வேலைசெய்யும் வரிசை முறை:

- வெட்டும் வேகத்துக்குத் தகுந்தவாறு சில்லச்சாணி சுழலியின் வேகத்தை சரி செய்யவும்.
- வெட்டும் ஆழத்துக்குத் தகுந்தவாறு செங்குத்து அச்சை சரி செய்யவும்.
- ஒரு பல்லுக்கு எவ்வளவு மிமீ ஊட்டம் தேவையோ அதற்குத் தகுந்தாற்போல் நீளவாக்கில் மேசையின் வேகத்தைத் தேர்வுசெய்யவும்.

செங்குத்துத் துருவல் இயந்திரத்தில் செய்யக்கூடிய பல்வேறு வகை வேலைகள்:

- முகவெட்டு உளி மூலம் காடிகளும், சாவிப்பாதைகளும் வெட்டலாம்.

- பக்க மற்றும் முக ௨ளி பயன்படுத்தி பக்கங்களை வெட்டலாம்.
- 'T' வடிவ (T max) ௨ளி பயன்படுத்தி தட்டை மேற்பரப்புகளை வெட்டலாம்.

□□□□□ □□□□□□□□□□□□ (Acknowledgements)

- தமிழில் தருவல் இயந்திர வேலை பற்றிய கானொளி—[N. சண்முகம், பொறியியலாளர், மதுரை பொறியியல் நிறுவனம்](#)
- விக்சிப்பீடியா [படங்கள்](#) மற்றும் கட்டுரைகள்

7.

,

(Limits, Fits and Tolerances)

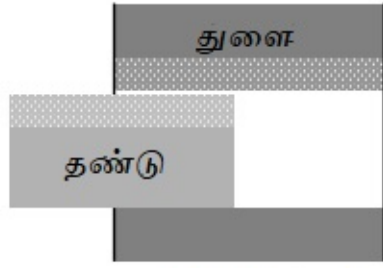
18 ஆம் நூற்றாண்டிற்கு முன்னர், துப்பாக்கிகள் போன்ற பேரளவு உற்பத்தி செய்த (mass production) கருவிகளைக் கூட கைவினைஞர்கள் ஒவ்வொன்றாகத் தயாரித்து இணைத்தனர். துப்பாக்கியின் ஒரு பாகம் மாற்ற வேண்டித் தேவைப்பட்டால் முழுத் துப்பாக்கியையும் பழுதுபார்க்கும் கைவினைஞருக்கு அனுப்ப வேண்டும். அல்லது அதைக் கைவிட்டு மற்றொரு புதிய துப்பாக்கியால் மாற்ற வேண்டும். மாற்றம் எதுவும் செய்யாமல் ஒரு துப்பாக்கியின் பாகம் மற்றொரு துப்பாக்கியில் அப்படியே பொருந்தாது.

18 மற்றும் 19 ஆம் நூற்றாண்டில் பரிமாற்றத்தக்க பாகங்கள் (interchangeable parts) தயாரிக்கும் வழிமுறைகள் படிப்படியாக உருவாக்கப்பட்டன. பரிமாற்றத்தக்க பாகங்கள் தயாரிப்பில்தான் வரம்புகள், பொருத்தங்கள் மற்றும் பொறுதிகள் போன்ற கருத்துருக்கள் வளர்ச்சியடைந்தன.

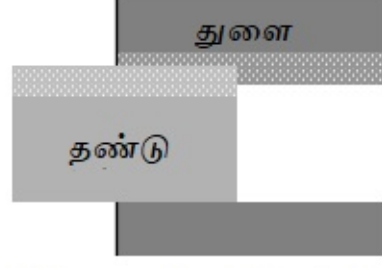
இயந்திரப் பணிமனையில் ஒரு பாகத்தை 50 மிமீ அளவில் தயார் செய்யச் சொன்னால் துல்லியமாகக் குறிப்பிட்ட 50 மிமீ அளவில் செய்ய முடியாது. ஆனால் மேல்வரம்பையும் (upper limit) கீழ்வரம்பையும் (lower limit) கொடுத்தால் அவற்றுக்கிடையில் வருமாறு செய்ய முடியும். இந்த மேல்வரம்புக்கும் கீழ்வரம்புக்கும் இடையில் உள்ள வேறுபாட்டைப் பொறுதி (tolerance) என்று சொல்கிறோம்.

□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□ □□□□ □□□□□□□□
□□□□□□ □□□□□□

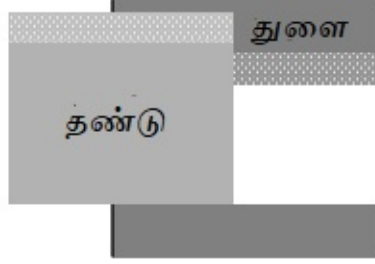
ஒரு இயந்திர பாகம் மற்றொரு இயந்திர பாகத்துடன் இணையவேண்டுமானால் இரண்டு பாகங்களின் அளவுகளும் முக்கியமானவை. ஏனென்றால் அவை இணைப்பின் இயல்பைத் தீர்மானிக்கின்றன. இரு இணையும் பாகங்களுக்கு இடையில் உள்ள இறுக்கம் அல்லது தளர்வின் அளவைப் பொருத்தம் (fit) என்கிறோம். இவ்வாறு இணையும் பாகங்கள் பொருந்துவதில் மூன்று பொதுவான வகைகள் உள்ளன:



தளர்ந்த பொருத்தம்



நிலைமாற்றப் பொருத்தம்



இறுக்கப் பொருத்தம்

மூன்று வகைப் பொருத்தங்கள்

- □□□□□□□□□□ **(Clearance fit)**: இரண்டு பாகங்களை இணைக்கும் போது எப்போதுமே இடைவெளி இருந்தால் அது தளர்ந்த பொருத்தம். தளர்ந்த பொருத்தத்துக்கு எடுத்துக்காட்டு சுழல் தண்டும் (shaft) தாங்கியும் (bearing). இடைவெளி இருந்தால்தான் சுழல் தண்டு தாங்கிக்குள் சுழல முடியும்.
- (Interference fit)**: இரண்டு பாகங்களை இணைக்கும் போது எப்போதுமே இறுக்கமாக இருந்தால் அது இறுக்கப் பொருத்தம். இறுக்கப் பொருத்தத்துக்கு எடுத்துக்காட்டு இருமுனையாணி (dowel pin). இறுக்கப் பொருத்தம் இருந்தால்தான் இருமுனையாணியை அழுத்தி ஏற்றினால் உறுதியாகப் பிடித்துக் கொள்ளும்.
- (Transition fit)**: இரண்டு பாகங்களை இணைக்கும் போது மிகுந்த இடைவெளியும் இல்லாமல் மிகவும் இறுக்கமாகவும் இல்லாமல் இருந்தால் அது நிலைமாற்றப் பொருத்தம். நிலைமாற்றப் பொருத்தத்துக்கு எடுத்துக்காட்டு கதவுக்கீல் (door hinge). இது மிக இறுக்கமாகவும் இருக்கக் கூடாது மிகத் தளர்ந்தும் இருக்கக் கூடாது.

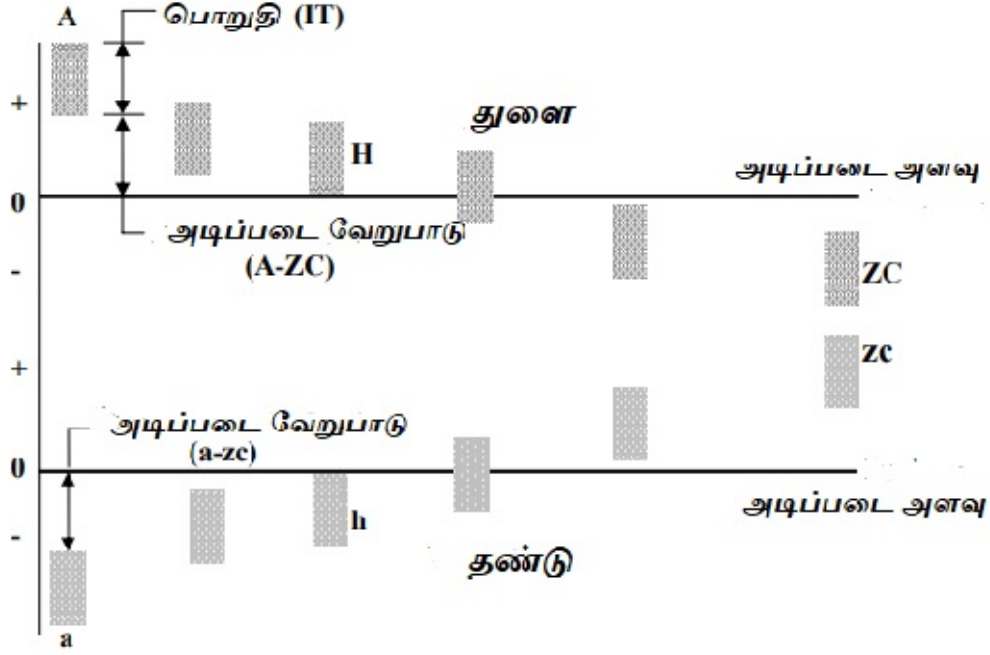
இம்மாதிரி பொருத்தங்களைக் குறிக்க இரண்டு வழிகள் உள்ளன. ஒன்று துளை அடிப்படை (hole basis) மற்றது தண்டு அடிப்படையாகும் (shaft basis).

வழக்கமாக துரப்பணவலகு (drill bit) பயன்படுத்தி துளையிடுகிறோம். தொடர்ந்து துளையைச் சீர்படுத்தல் அலகு (reaming tool) பயன்படுத்தி சீர்படுத்துகிறோம். துரப்பணவலகுகளும் துளையைச் சீர்படுத்தல் அலகுகளும் முழு மிமீ அளவுகளில் மட்டுமே கிடைக்கின்றன. எனவே துளைகளை முழு மிமீ அளவுகளில் மட்டுமே செய்ய இயலும். மாறாக, தண்டுகளை நாம் கடைசல் இயந்திரத்தில் தயார் செய்வதால் நமக்குத் தேவையான எந்த அளவுக்கும் எளிதில் கட்டுப்படுத்தலாம். இக்காரணத்தினால், தண்டு அடிப்படை முறையைவிட துளை அடிப்படை முறையே மிகவும் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

பொறுதிகளின் தரவகைகள் (Grades of Tolerance)

பன்னாட்டுப் பொறுதி (International Tolerance—IT) தரவகைகள் ISO 286 இல் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன. பொறுதிகளின் தரவகைகள் 18 உள்ளன—IT01, IT0, IT1 முதல் IT16 வரை. இவை துல்லியத்தின் அளவுக்கு ஒரு அறிகுறியாகும்.

- IT01, IT0, IT1 முதல் IT4 வரை: நழுவு மானிகள் (slip gauges), செருகிமானிகள் (plug gauges) போன்ற அளவுமானிகள் மற்றும் அளவிடும் கருவிகளுக்கான பொறுதிகள்.
- IT5 முதல் IT7 வரை: துல்லிய பொறியியல் வேலைகளில் பொறுதிகள்.
- IT8 முதல் IT11 வரை: பொது பொறியியல் வேலைகளில் பொறுதிகள்.
- IT12 முதல் IT14 வரை: தகட்டுலோக வேலை அல்லது அழுத்திய தகடு வேலைக்கு பொறுதிகள்.
- IT15 முதல் IT16 வரை: உருக்கிவார்த்தல், எரிவாயு வெட்டல் போன்ற செயல்முறைகளுக்கு பொறுதிகள்.



வரம்பு மற்றும் பொருத்தம் தரநிலை அமைப்பு

படம் வழக்கமான வரம்பு மற்றும் பொருத்தம் அமைப்பின் வரைபடத்தைக் காட்டுகிறது. இதில் 18 தரங்களாகப் பொறுதியின் அளவு IT என மேற்கண்டவாறு குறிக்கப்படுகிறது. எண் அதிகமானால் பொறுதியின் வரம்பும் அதிகரிக்கும். துளைக்கான அடிப்படை வேறுபாடுகள் A முதல் ZC வரை 25 பிரிவுகளாக பெரிய எழுத்துகளால் குறிக்கப்படுகின்றன. இதேபோல், தண்டுக்கான அடிப்படை வேறுபாடுகள் a முதல் zc வரை 25 பிரிவுகளாக சிறு எழுத்துகளால் குறிக்கப்படுகின்றன.

வரம்பு மற்றும் பொருத்தத்துக்கு எடுத்துக்காட்டு: 50H6/g5

துளை மற்றும் தண்டின் பெயரளவு 50 மி.மீ ஆகும். H என்பது துளை அடிப்படையிலான வேறுபாடு வகை. இதன் அடிப்படை வேறுபாடு பூச்சியம் ஆகும். துளைக்கு பொறுதியின் தரமானது IT6. இதேபோல் g என்பது தண்டு அடிப்படையிலான வேறுபாடு வகை. இதன் அடிப்படை வேறுபாடு எதிர்ம எண் ஆகும். அதாவது இதன் அளவு பெயரளவிலான அளவுக்குக் குறைவானது. மற்றும் பொறுதியின் தரமானது IT5.

(Acknowledgements)

- விக்கிப்பீடியா கட்டுரைகள்
- [Brief overview of design and manufacturing - ME, IIT Kharagpur](#)

8.

,

,

உலோக வெட்டல் மூலப்பொருட்கள்

: எஃகு பொருட்கள் இரும்பு மற்றும் கரிமம் ஆகியவற்றின் கலவையாகும். வார்ப்பு இரும்பு மற்றும் எஃகு இரண்டுக்கும் இடையே மிகப் பெரிய வேறுபாடு கரிம உள்ளடக்கம்தான். வார்ப்பு இரும்பில் 1.7 விழுக்காடு முதல் 4.5 விழுக்காடு வரை கரிமம் இருக்கும். எஃகின் கரிம உள்ளடக்கம் .05 விழுக்காடு முதல் 1.5 விழுக்காடு வரைதான்.

(Plain Carbon Steel): இரும்பு மற்றும் கரிமம் ஆகியவற்றின் கலவையல்லாத பொருட்களால் இந்த வகை ஆனவை. இவற்றில் கரிம உள்ளடக்கத்தை அதிகரித்தால் நீள் தன்மை (ductility) குறைகிறது. அமெரிக்க குறியீட்டின் கடைசி இரண்டு இலக்கங்கள் ஒரு விழுக்காடு புள்ளியின் நூற்றில் உள்ள பங்கு கரிம உள்ளடக்கத்தைக் குறிப்பிடுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, 1018 எஃகு 0.18 விழுக்காடு கரிம உள்ளடக்கம் கொண்டது.

: பொதுவாக 0.04% முதல் 0.30% கரிம உள்ளடக்கம் கொண்டது. இதன் வணிகப் பெயர் இந்தியாவில் மென் எஃகு (mild steel) மற்றும் அமெரிக்காவில் இணக்க வெட்டு எஃகு (free-cutting steel). இது அதிக நொறுங்கு தன்மை (brittleness) கொண்டதும் அல்ல, அதிக நீள் தன்மை கொண்டதும் அல்ல.

: பொதுவாக கரிம வரம்பு 0.31% முதல் 0.60% வரை உள்ளது மற்றும் மங்கனீசு உள்ளடக்கம் .060% முதல் 1.65% வரை இருக்கும். இது குறை கரிம எஃகுவை விட வலுவானது. ஆனால் இது உருவாக்க, பற்றவைக்க மற்றும் வெட்ட மிகவும் கடினமானது. இவ்வகை எஃகுகள் வழக்கமாக கடினப்படுத்தல் (hardening) மற்றும் தன்மையாக்கல் (tempering) போன்ற வெப்பப் பதனிடல் (heat treatment) செய்து பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

: “கரிம உளி எஃகு” என்று அழைக்கப்படும் இது 0.61% முதல் 1.50% வரை கரிமம் கொண்டுள்ளது. இது வெட்டவும், வளைக்கவும் மற்றும் பற்றவைக்கவும் மிகவும் கடினமானது. வெப்பப் பதனிடல் செய்தால் மிகவும்

கடினமாகவும் மற்றும் நொறுங்கு தன்மை கொண்டதாகவும் ஆகிறது.

: இவை இரும்பு மற்றும் கரிமம் தவிர நிக்கல், குரோமியம், மாங்கனீசு போன்ற உலோகங்கள் கலந்தவை. இவற்றைக் கலப்பதன் நோக்கம் புறநிலை இயல்புகளை மேம்படுத்துவதும் உற்பத்தி முறைகளை எளிதாக்குவதுமாகும். மேம்பட்ட வலிமை (toughness), இழு வலிமை (tensile strength), கடினமாக்கும் தன்மை (hardenability), நீள் தன்மை மற்றும் தேய்மான எதிர்ப்பு (wear resistance) ஆகியவை புறநிலை இயல்புகளில் அடங்கும்.

: பெயரில் குறிப்பிடுவதுபோல இந்த வகை எஃகுகள் ஒட்சிபேற்றம் (oxidation) மற்றும் பிற வகை அரிப்பை எதிர்க்குமாறு வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் குரோமியம் கணிசமாக சேர்க்கப்பட்டுள்ளது.

: அலுமினியம், தாமிரம், மற்றும் மெக்னீசியம் இவற்றில் முக்கியமானவை. இவை இரும்பைவிட விலை உயர்ந்தவை எனினும் உயர் வெப்பம் மற்றும் மின் கடத்துத்திறன், குறைவான அடர்த்தி, மற்றும் எளிதான புனைவு (ease of fabrication) ஆகியவற்றின் காரணமாக முக்கியமான பயன்பாடுகளைக் கொண்டிருக்கின்றன.

□□□□□ □□□□□□□ □□□□□□□□□□

1940 கள் வரை அதி கரிம எஃகு வெட்டுளிகளே பயன்படுத்தப்பட்டன. ஆனால் வெட்டும் வேகத்தை அதிகரித்தால் அதிகம் சூடாகும்போது கடினத்தன்மையை இழந்துவிடும். ஆகவே அதிகம் சூடானாலும் கடினத்தன்மையை இழக்காத கலப்புலோக எஃகு உருவாக்கப் பல முயற்சிகள் எடுக்கப்பட்டன. இவற்றின் விளைவாக மாலிப்டினம், டங்ஸ்டன் மற்றும் குரோமியம் சேர்த்து

(High Speed Steel—HSS)

உருவாக்கப்பட்டது. இவற்றை சேர்ப்பதன் மூலம் 63–65 ராக்வேல் கடின அளவுக்கு வந்துவிடும். இது பல்வேறு வகையான வெட்டுளிகள் தயாரிக்கப் பயன்படுகிறது.

அல்லது டங்ஸ்டன் கார்பைடு என்பது டங்க்ஸ்டன் மற்றும் கரிம அணுக்களின் சம பாகங்களைக் கொண்டிருக்கும் ஒரு இரசாயனக் கலவை ஆகும். இதன் மிக அடிப்படையான வடிவத்தில் சாம்பல் நிற நுண்துகளாக இருக்கும். ஆனால் இதை சிட்டங்கட்டல் (sintering) மூலம் தேவையான வடிவங்களில் உருவாக்கி வெட்டுளிகளுக்குப் பயன்படுத்தலாம். இவற்றால் வெட்டுளி எஃகு (HSS) உளிகளைக் காட்டிலும் அதிக வெப்பநிலையைத் தாங்கமுடியும். தேய்வெதிர்ப்பும் (abrasion resistance) அதிகம்.

வெட்டு வேகம், ஊட்டம் மற்றும் வெட்டு ஆழம் (Cutting Speed, Feed, and Depth of cut)

கடைசல் இயந்திரம், துருவல் இயந்திரம் போன்ற உலோகம் வெட்டும் இயந்திரங்களில் அதிகப்படியான வேகம் வைத்தால் வெட்டுளி விரைவிலேயே மழுங்கிவிடும், அதிர்வு ஏற்படுத்தும் மற்றும் தெறிக்கக்கூடும். இவை அனைத்தும் ஆபத்தான நிலைமைகளுக்கு வழிவகுக்கும். பணிப்பொருள் மற்றும் உளிகளுக்கு உரிய சரியான வேகத்தைப் பயன்படுத்தினால் உளியின் ஆயுள் மற்றும் பணிப்பொருளின் மேற்பரப்புச் சீரமையைப் பெரிதும் அதிகரிக்கலாம். மாறாக மிகக்குறைந்த வேகம் வைத்தால் நேரம் வீணாகும் மற்றும் இயந்திரத்தின் உற்பத்தித்திறன் குறையும்.

இந்த நேர இழப்பை அகற்றும் பொருட்டு எஃகு மற்றும் வெட்டுளி உற்பத்தி நிறுவனங்கள் ஆராய்ந்து சோதனை செய்து பரிந்துரைக்கும் வெட்டு வீதங்களைப் பயன்படுத்தலாம். எந்திரத் தொகுதி கையேட்டில் (Machinery's Handbook) பல்வேறு மூலப்பொருட்களுக்கும் வெட்டுளி வகைக்கும் வெட்டு வேகம், ஊட்டம் மற்றும் வெட்டு ஆழம் காணலாம். [எடுத்துக்காட்டாக இந்த இணையதளத்தில்](#) கீழ்க்கண்ட தேர்வுகளைச் செய்யுங்கள்:

1. அளவையலகு (Unit of Measure): மி.மீ.
2. செய்பணி (Operation): கடைசல்
3. பணிப்பொருள் (Material): இணக்க வெட்டு எஃகு அல்லது மென் எஃகு (Free Cutting Steel or Mild Steel)
4. வெட்டுளி: கார்பைடு (Carbide)
5. பணிப்பொருளின் விட்டம்: 50
6. வெட்டு முனைகள் எண்: 1

பின் கணக்கிடு என்று சொடுக்கினால் கீழ்க்கண்டவற்றைக் கணக்கிட்டுக் கொடுக்கும்:

- வெட்டு வேகம் (Cutting Speed): 274 m/min
- சுழலி வேகம் (Spindle Speed): 1740 RPM
- பிசிர் பளு (Chip Load): 0.838 mm/rev
- ஊட்டு வீதம் (Feed Rate): 1462 mm/min

இவற்றில் பிசிர் பளுவை வெட்டுளி முனைகளின் எண்ணிக்கையால் வகுத்தால்

வெட்டு ஆழம் கிடைக்கும்.

Speeds & Feeds

Unit of Measure	<input type="radio"/> Inch <input checked="" type="radio"/> Millimeter	
Operation	Turning ▼	
Material	Steel - Free Machining ▼	
Cutter Material	<input type="radio"/> HSS <input checked="" type="radio"/> Carbide	
Cutting Speed	274 m/min (244-305 m/min)	
Work Piece Diameter	50 mm	
Spindle Speed	1000 RPM	Machine Max 1000
Cutting Edges	1	
Chip Load	0.838 mm/rev (0.152-1.524 mm/rev)	
Feed Rate	838 mm/min	Calculate

(Acknowledgements)

- விக்சிப்பீடியா கட்டுரைகள்

9. (CNC)

ஏன் கயெக எந்திரம் தேவைப்படுகிறது?

ணினி ண்ணிம ட்டுப்பாட்டு (Computer Numerically Controlled) எந்திரங்களைத் தமிழில் சுருக்கமாகக் கயெக எந்திரம் என்று கூறலாம். இருபரிமாண அல்லது முப்பரிமாணத்தில் சிக்கலான வளைந்த வடிவியல் பாகங்களை உலோகம் வெட்டும் இயந்திரங்கள் மூலம் உருவாக்குவது மிகவும் கடினம் மற்றும் அதீத செலவாகும். இம்மாதிரி வேலைக்குப் பொதுவாக வெட்டுளியின் இயக்கங்களைக் கட்டுப்படுத்த சிக்கலான வழியுறுதிகள் (jigs) தேவைப்படும். மேலும் அதிக எண்ணிக்கையில் பாகங்கள் செய்யும் போது துல்லியமாகவும் குறுகிய பொருதியிலும் (close tolerances) செய்வது கடினம். இவை தவிர இயக்கரில்லாமல் தானியங்கியாக வேலை செய்யவும் உற்பத்தித் திறனைப் பெருக்கவும் கயெக இயந்திரங்கள் இன்றியமையாதவை. உலகளாவிய சந்தையில் போட்டியிட்டு ஒப்பந்தங்கள் பிடிக்க கயெக இயந்திரங்கள் வைத்து அதி உற்பத்தித் திறனையும் குறுகிய பொருதியையும் அடைவது அவசியமாகிவிட்டது. இவற்றின் சிறப்பு அம்சங்களில் முக்கியமானவை விசைப்பொறிகளும் குண்டுத் திருகும் (ball screw). இவற்றைப் பற்றி முதலில் பார்ப்போம்.



கயெக துருவல் எந்திரம்

□□□□□□□□□□□□□□

மின்பொறிகளை ஓடவிட்டு நிறுத்தினால் உந்து வேகத்தில் கொஞ்சம் ஓடித்தான் நிற்கிறது என்பதை நாம் பார்க்கிறோம். உலோகம் வெட்டும் இயந்திரங்களில் ஊட்டத்தையும், வெட்டு ஆழத்தையும் கட்டுப்படுத்த துல்லியமாக நகர்ந்து பட்டென்று சொன்ன இடத்தில் நிற்கும் ஒரு சாதனம் நமக்குத் தேவை. ஆகவே கயெக இயந்திரத்தின் முக்கிய பாகம் விசைப்பொறிதான். இயந்திரத்தின் வேகம் மற்றும் துல்லியம் ஆகியவை விசைப்பொறியின் அளவு மற்றும் வகை சார்ந்தவை. இவற்றில் பயன்படுத்தப்படும் இரண்டு முதன்மை விசைப்பொறி வகைகள் படிநிலை மின்பொறிகள் (stepper motors) மற்றும் பணிப்பு மின்பொறிகள் (servo motors).

□□□□□□□ □□□□□□□□□□

பணிப்பு மின்பொறி என்பது கோண நிலைப்பாட்டைத் துல்லியமாகக் கட்டுப்படுத்தக் கூடிய ஒரு சுழலும் மின்பொறியாகும். இத்துடன் இடத்தைக் குறிக்கும் ஒரு உணரி (position sensor) இணைத்து மேலும் ஒரு பணிப்பு இயக்ககம் (servo drive) சேர்த்தால் நாம் மேலே குறிப்பிட்ட முறையில் வேலையைக் கச்சிதமாகச் செய்யும்.

பணிப்பு மின்பொறி ஒரு நிறை சுற்றுக் (closed-loop) கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு. அதன் இயக்கம் மற்றும் இறுதி நிலையைக் கட்டுப்படுத்த இடம் குறித்த பின்னூட்டத்தைப் (position feedback) பயன்படுத்துகிறது. எவ்வளவு தூரம் நகர்ந்து எங்கு நிற்கவேண்டுமென்று கட்டளையைக் கணினியில் உள்ளீடு செய்தால் அச்சுத் தண்டு (shaft) அதற்குத் தகுந்த அளவு சுற்றும். இடம் மற்றும் வேகம் பற்றிய பின்னூட்டங்களை வழங்கும் குறியாக்கியுடன் (encoder) இது இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அச்சுத் தண்டின் வேகத்தை அளக்க ஒளியியல் சுழலும் குறியாக்கிகளையும் (optical rotary encoders) மற்றும் மின்பொறி வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்த ஒரு மாறுவேக இயக்ககத்தையும் (variable-speed drive) பணிப்பு மின்பொறிகள் பயன்படுத்துகின்றன.



பணிப்பு மின்பொறி

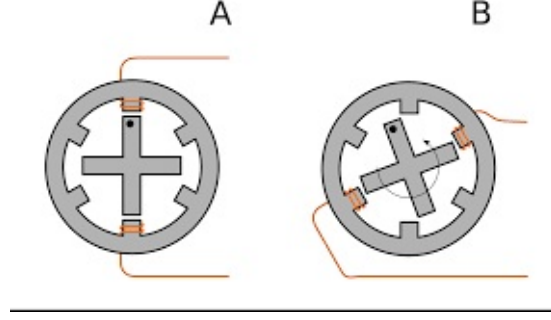
படத்தில் உள்ள பணிப்பு மின்பொறியில் சாம்பல் பச்சை உருளை மின்தொடி வகை (brush-type) திசைமாறா மின்பொறி (DC motor) ஆகும். கீழே கருப்பு உருளை வேகத்தைக் குறைக்க ஓரச்சு பற்சக்கரம் (planetary or coaxial gear) கொண்டுள்ளது, மற்றும் மின்பொறியின் மேல் உள்ள கருப்பு பாகம் இடப் பின்னுட்டத்துக்கு ஒளியியல் சுழலும் குறியாக்கி.

இந்தக் குறியாக்கி இயந்திர இயக்கத்தை மின் சமிக்ஞையாக மாற்றுகிறது. இது பின்னுட்டமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்தப் பின்னுட்டம் பிழை கண்டுபிடிப்பு சாதனத்துக்கு (error detector) அனுப்பப்படுகிறது, இந்த சாதனம் நாம் நிரலில் கொடுத்த கட்டளையையும் நடக்கும் செயல்பாட்டையும் ஒப்பிடுகிறது. ஏதேனும் பிழை இருந்தால், பெருக்கிக்கு (amplifier) அந்தப் பிழை நேரடியாக அனுப்பப்படும். இது கட்டுப்பாட்டு நடவடிக்கைக்குத் தேவையான திருத்தங்களைச் செய்யப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

□□□□□□ □□□□□□□□

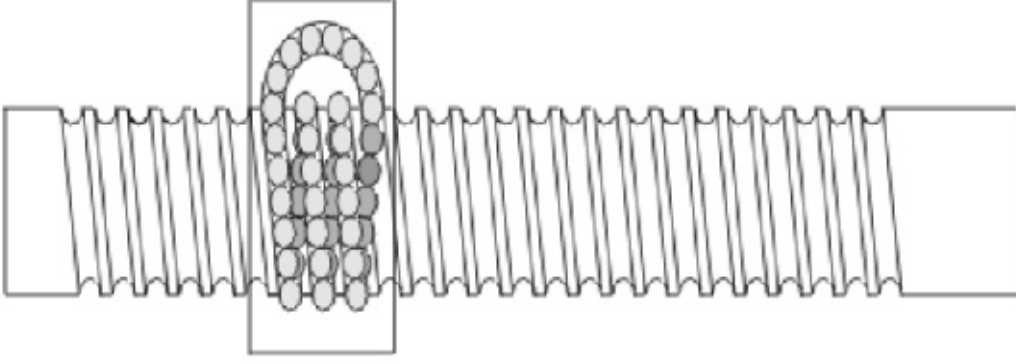
பணிப்பு மின்பொறிக்கு ஒரு குறியாக்கி தேவைப்படுகிறது. படிநிலை மின்பொறிக்குத் தேவையில்லை. மேலும் படிநிலை மின்பொறியில் மின்தொடிகிடையாது. ஆகவே உராய்வு பிரச்சினை இல்லை. பணிப்பு மின்பொறியில் மின்தொடி உண்டு. ஆகவே சுமார் 2000 மணி நேரம் வேலை செய்தபின் மின்தொடி

தேய்ந்துவிடுவதால் மாற்றவேண்டும். படிநிலை மின்பொறிகள் வைத்தும் மேற்கண்ட வேலையைச் செய்யலாம். ஆனால் துல்லியம் குறைவு. ஆகவே சீரோளி வெட்டு (laser cutting) போன்ற சில இயந்திரங்கள் இரண்டு மாதிரிகளில் கிடைக்கின்றன. படிநிலை மின்பொறிகள் (stepper motors) வைத்துக் குறைந்த விலையிலும் மற்றும் அதிக துல்லியம் மற்றும் செயல்திறன் கொண்டவை பணிப்பு மின்பொறிகள் (servo motors) வைத்து அதிக விலையிலும் கிடைக்கின்றன.



படிநிலை மின்பொறி

குண்டுத் திருகு என்பது ஒரு நேர் நகர்த்தி இயந்திரம். இது மிகக் குறைந்த ஊராய்வில் சுழல் இயக்கத்தை நேர் இயக்கமாக்குகிறது. ஒரு மரையிட்ட சுழல் தண்டு (threaded shaft) குண்டுகளுக்கு சுருளை வடிவ ஒடுதடமாக (helical raceway) செயல்படுகிறது. இவை ஒன்று சேர்ந்து ஒரு மிகத் துல்லியமான திருகு இயக்கமாக செயல்படுகின்றன.



குண்டுத்

திருகு

குண்டு திருகுகளின் சில சிறப்பியல்புகளை முதலில் பார்ப்போம். வழக்கமாக கடைசல் மற்றும் துருவல் இயந்திரங்களில் நுனிப்புரி (acme thread) உராய்வு இழப்பு அதிகம். குண்டுத் திருகுகளில் உராய்வு இழப்பு மிகவும் குறைவாக இருப்பதால், திருகுத் தண்டை சுழற்றுவதற்குத் தேவைப்படும் சக்தியின் அளவு மூன்றில் ஒரு பங்குதான்.

திருகுக்கும் மரைவில்லைக்கும் இடையில் உருளும் தொடர்பு இருப்பதால், நழுவும் தொடர்பைவிட உராய்வு மிகக் குறைவாக உள்ளது. எனவே, துல்லியம் அதிகமாக உள்ளது. குண்டுத் திருகுகள் மிக மெதுவாக நகரும்போதும் சுமை ஏற்றிய பின்னும் சீராக இயங்கும்.

உயர் உந்துவிசைகளைத் தாங்கவும் பயன்படுத்தவும் மிகக்குறைந்த அளவு உள் உராய்வுடன் இவை செயல்படுகின்றன. மேலும் இவற்றை மிகக் குறைந்த பொருதியில் (tolerance) தயாரிப்பதால் மிகத் துல்லியமான வேலைகளுக்கு ஏற்றவை. மரையிட்ட சுழல் தண்டு திருகாணியாகவும் குண்டுத் தொகுதி மரைவில்லையாகவும் (nut) செயல்படுகின்றன.

பாகம் நிரலாக்கம் (Part programming)

கயெக இயந்திரத்தை இயக்குவதற்கு நாம் வழங்கும் கட்டளைத் தொகுதியை பாகம் நிரலாக்கம் என்று சொல்கிறோம். இது பாகத்தின் வடிவவியல் (part geometry), வெட்டுளியை நகர்த்தக் கொடுக்கும் ஆணைகள், வெட்டு வேகம் (Cutting speed), ஊட்டம் (feed), சுழலி சுற்றும் திசை, வெப்பம் தணிக்கும் திரவத்தை ஊற்றத் தொடங்குதல், நிறுத்தல் போன்ற துணைப் பணிகள் ஆகியவற்றைக் கொண்டிருக்கும்.

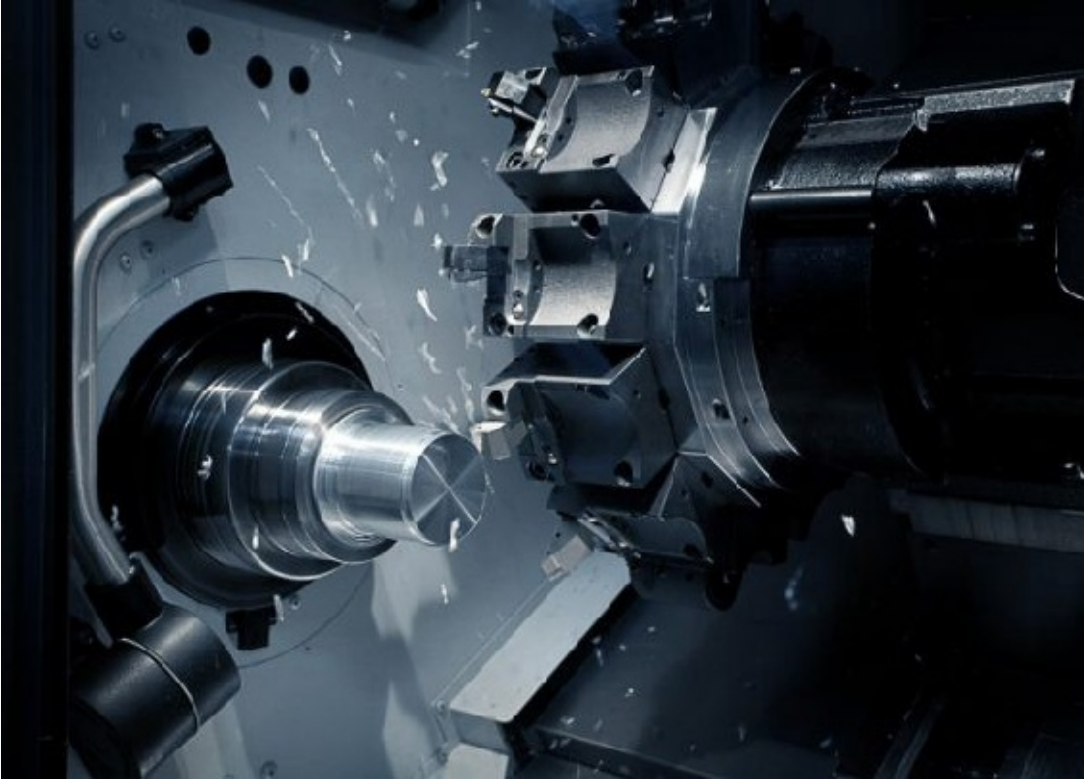
(Acknowledgements)

- விக்சிப்பீடியா கட்டுரைகளும் படங்களும்
- [கயெசு துருவல் எந்திரம் படம்: Gefrorene Wand—Pixabay—CC0 Creative Commons license](#)

10.

(CNC Lathe)

கடைசல் இயந்திரம் பணிப்பொருளை சுழலியில் பிடித்து சுழற்றுகிறது. நகரும் வெட்டுளி வெட்டுவதற்கு பணிப்பொருளை அணுகுகிறது. இந்த வடிவவியலின் காரணமாக, ஏதாவது ஒரு அச்சைச் சுற்றி சமச்சீராகவும் சுழலியின் பிடிப்பியில் பிடிக்கவும் கூடிய பாகங்களுக்கு கடைசல் இயந்திரம் சிறந்தது.



கயெக கடைசல் இயந்திரம்

ணினி ண்ணிம ட்டுப்பாட்டு (Computer Numerically Controlled) எந்திரங்களைத் தமிழில் சுருக்கமாகக் கயெக எந்திரம் என்று கூறலாம். கயெக கடைசல் இயந்திரங்கள் பல நன்மைகளைக் கொண்டு வருகின்றன. ஒரு பாகத்துக்கு ஏற்றவாறு இவற்றை எளிதாக அமைக்க மற்றும் இயக்க முடியும். மிகக் குறுகிய பொறுதியில் நம்பகமாகத் திரும்பத் திரும்ப (repeatable) உற்பத்தி செய்ய ஏற்றவை. ஆகவே இம்மாதிரி தொழில்நுட்ப முன்னேற்றங்கள் காரணமாக, கயெக கடைசல் இயந்திரங்கள் மிகவும் பாரம்பரியமாகப் பயன்படுத்தப்படும் பல்கழலி

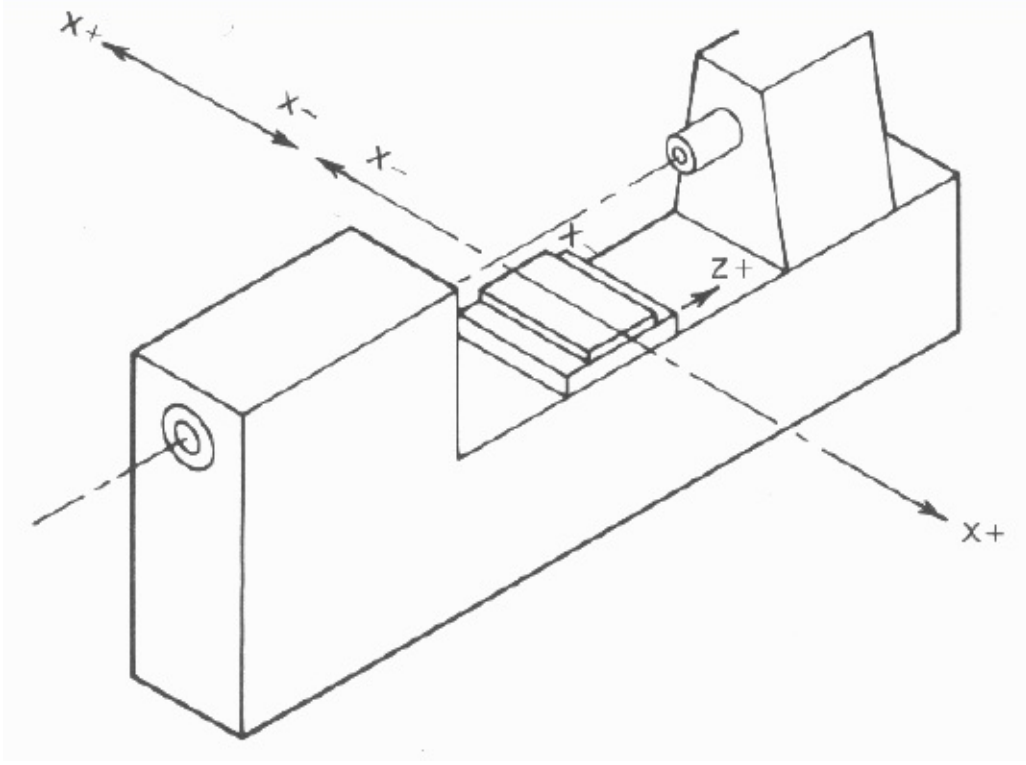
(multi-spindle) உற்பத்திக் கடைசல் இயந்திரங்களின் இடத்தில் விரைவாக மாற்றி வருகின்றன.

வழக்கமான கடைசல் இயந்திரத்தில் ஒவ்வொரு பாகமும் செய்ய வேலைத்திறனுள்ள பொறி இயக்கர் தேவை. கயெக இயந்திரத்தில் நிரல் எழுதி ஒரு திறமையான தொழில்நுட்ப வல்லுநர் அதை அமைத்து முதல் பாகம் தயாரித்து ஆய்வு செய்து தயாராக்குவார். அதன் பின்னர் மூலப்பொருளை ஏற்றி இயந்திரத்தை ஒட்டி பாகங்களை ஆய்வு செய்ய மிகவும் திறமையுள்ள பொறி இயக்கர் தேவையில்லை.

ஒரு விதத்தில் கயெக இயந்திரம் ஒரு வழக்கமான இயந்திரத்தை விட சிக்கல் குறைவானது. எடுத்துக்காட்டாக, வளைவுகள் செய்வது கயெக இயந்திரத்தில் எளிதானது. ஏனென்றால் கணினி அனைத்து ஆயங்களையும் ஒரே நேரத்தில் அதிக துல்லியத்துடன் நகர்த்தும். வழக்கமான கடைசல் இயந்திரத்துக்கோ இம்மாதிரி வேலைக்கு ஒரு துணைக்கருவி (accessory) தேவைப்படும்.

வழக்கமான கடைசல் இயந்திரத்தில் ஒவ்வொரு அளவு மரையும் கடைய, [நாம் முன்னர் பார்த்ததுபோல](#), சுழலிக்கும் திருகேற்றிக்கும் இடையேயுள்ள சரியான வேக விகிதத்தைத் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டும். அதற்குத் தகுந்தாற்போல பல்லிணைகளை மாற்ற வேண்டும். கயெக கடைசல் இயந்திரத்திலோ நிரலை மட்டும் மாற்றினால் போதும்.

எளிய கயெக (CNC) கடைசல் இயந்திரங்கள் இரண்டு அச்ச இயந்திரங்கள். X மற்றும் Z ஆக 2 அச்சுகள் மீது நிரல் கட்டுப்பாட்டின் கீழ் வெட்டுளியை நகர்த்துவதற்கான திறனைக் கொண்டிருக்கும். Y- அச்ச கிடையாது.



கடைசல் இயந்திர அச்சுகள்

Z அச்ச என்பது சுழலி மற்றும் பிடிப்பி அச்சின் திசையில் நேரியல் இயக்கமாகும். இந்த இயக்கம் பணிப்பொருளின் நீளத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. அதாவது இருக்கை (saddle) நகரும் திசையைத்தான் Z அச்ச என்று சொல்கிறோம்.

X அச்ச என்பது Z அச்சுக்கு செங்குத்தாக அதைக் குறுக்கே வெட்டும் இயக்கம். இந்த இயக்கம் பணிப்பொருளின் விட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. அதாவது குறுக்கு நகர்த்தி (cross slide) நகரும் திசையைத்தான் X அச்ச என்று சொல்கிறோம்.

ஏன் Y அச்ச தேவை?

Y அச்ச இல்லாவிட்டால் நீங்கள் ஒரு உருளை பாகத்தின் மேற்பரப்பில் ஆரச்சீர் (radial) துளைகள் மட்டுமே போட முடியும். ஒரு உருளை பாகத்தில் அதன் அச்ச மையம் வழியாக அல்லாமல் துளை போட முயற்சி செய்து பாருங்கள். உருளை பாகத்தின் மேற்பரப்பில் இம்மாதிரி ஆரச்சீர் அல்லாத துளைபோடுதல், காடி வெட்டுதல் போன்ற எந்த செயல்பாட்டையும் நீங்கள் செய்ய விரும்பினால் அதற்கு Y அச்ச தேவைப்படும். மேலும் கணினியால் மூன்று அச்சுகளிலும் ஒரே நேரத்தில் சீராக ஊட்டம் கொடுக்க முடியும். ஆகவே சிக்கலான வடிவங்களையும் வெட்டலாம்.

உளி கோபுரம் (Tool Turret)

எளிய கடைசல் இயந்திரங்கள் ஒரு உளியில் வேலை செய்கின்றன. அடுத்த வேலைக்கு வேறு ஒரு உளி மாற்ற வேண்டுமென்றால் அதைக் கழற்றிய பின் மற்றதை ஏற்றவேண்டும். நேரம் வீணாகும் மற்றும் உற்பத்தித் திறன் குறையும். ஆகவே நான்கு உளிகள் ஏற்றக் கூடிய விரைவு மாற்றல் உளிப்பீடம் (Quick Change Tool Post) பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. கயெக கடைசல் இயந்திரங்களில் பொதுவாக உளி கோபுரம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. சிறிய கயெக கடைசல் இயந்திரங்களில் 4 முதல் 8 உளிகள் வரைப் பொருத்த இயலும். பெரிய கயெக கடைசல் இயந்திரங்களில் 12 அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட உளிகளையும் பொருத்த இயலும். இந்த உளி கோபுரம் கயெக நிரல் கட்டளைகளின்படி சுழன்று அடுத்த வேலைக்குத் தேவையான உளியை வெட்டும் இடத்துக்குக் கொண்டு வரும்.



உளி கோபுரம்

(Acknowledgements)

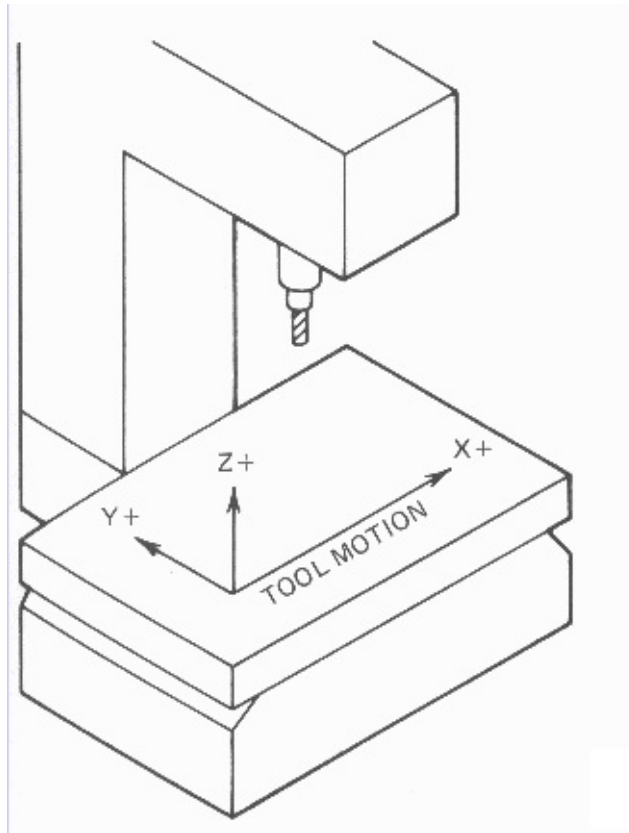
- விக்கிப்பீடியா கட்டுரைகளும் படங்களும்
- [கயெசு கடைசல் இயந்திரம் படம் \(Licensed under CC-BY-NC-SA\)](#)
- [உளி கோபுரம்](#)

11.

(CNC Milling Machine)

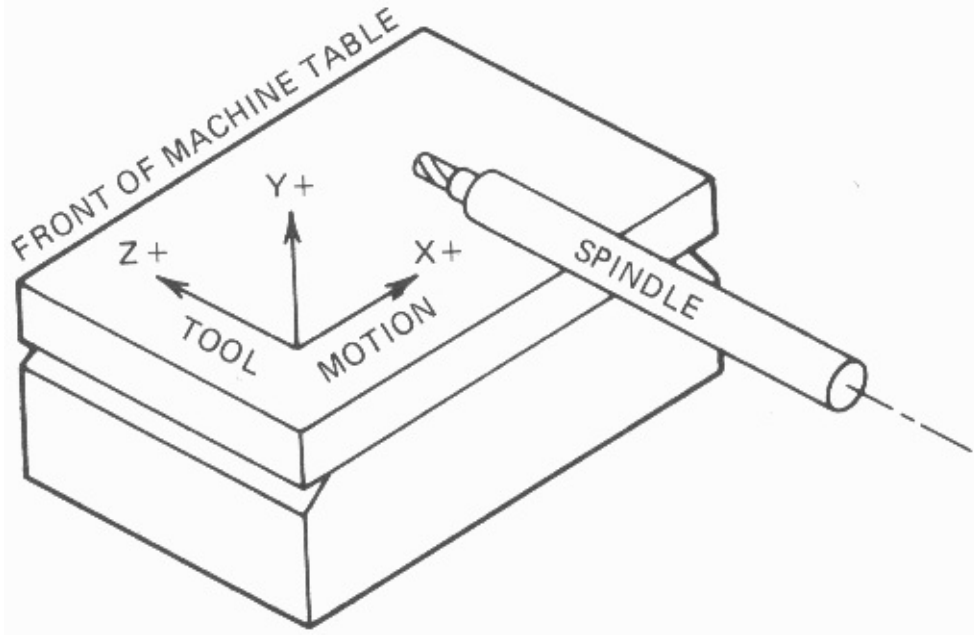
செங்குத்துத் துருவல் இயந்திரத்தில் X, Y மற்றும் Z ஆக மூன்று அச்சுகள் உண்டு. கயெக எந்திரம் எதுவாக இருந்தாலும் Z அச்ச சுழலியின் அச்சுடனே வரும். ஆகவே செங்குத்துத் துருவல் இயந்திரத்தில் Z அச்ச மேலும் கீழுமாகச் செல்லும். நீங்கள் அதன் முன் நின்றால் வழக்கமாக X அச்ச இடம்வலமாகச் செல்லும், Y அச்ச முன்னும் பின்னுமாகச் செல்லும். ஆயங்களின் திசையை உளி வெட்டும் திசையை வைத்தே சொல்கிறோம். நிரலில் நாம் X அச்ச ஆணை கொடுத்தால் உளி வலதுபுறம் நகர்ந்து வெட்ட வேண்டும். துருவல் இயந்திரத்தில் உளி நகராது. ஆகவே எந்திர மேடை அதற்கு எதிராக அதாவது இடது புறம் நகரும். நேர்மறை என்றால் அதுதான் கூறாநிலை (default) என்பதால் “+” குறியீடு தேவையில்லை. எதிர்மறை என்றால் “-” குறியீடு தேவை. எந்திர மேடை வலது புறம் நகரும்.

இம்மாதிரி மூன்று அச்சுகள் கொண்ட செங்குத்துத் துருவல் இயந்திரத்தில் நாம் பணிப்பொருளின் மேற்புறம் செங்குத்தாக துளை போடலாம், காடி வெட்டலாம் மற்றும் முகத்தை சமதளமாக வெட்டலாம். உளியின் அச்ச செங்குத்தாகவேதான் இருக்கும்.



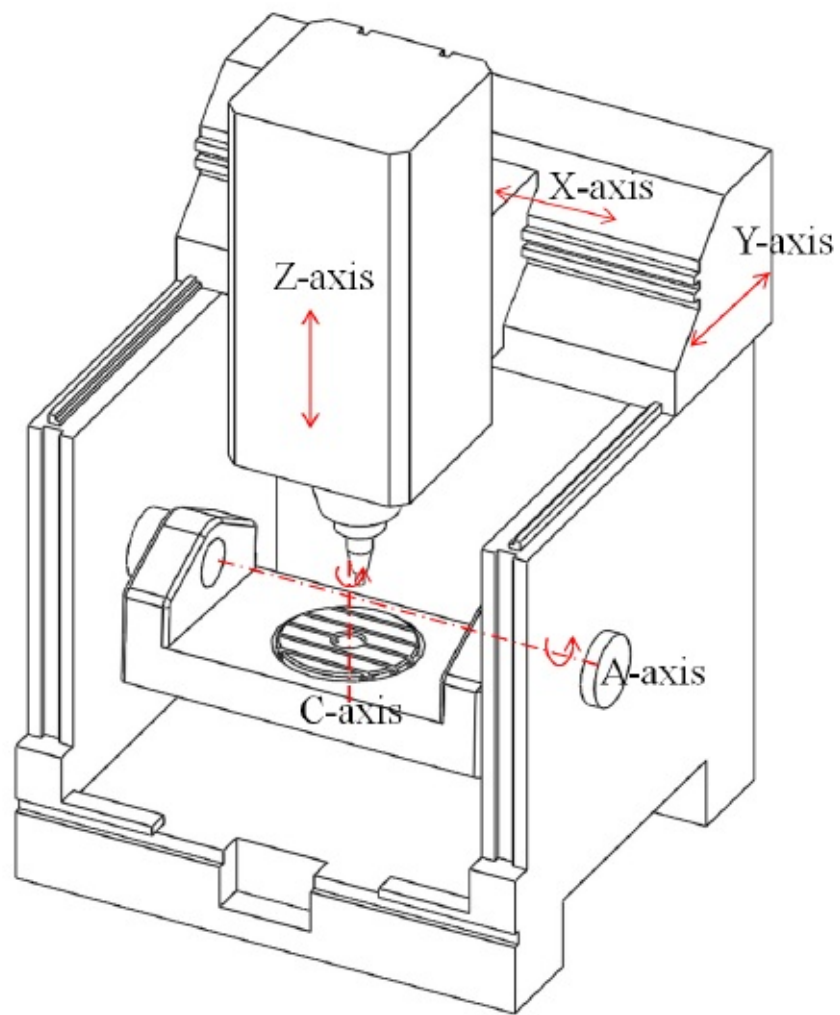
செங்குத்துத் துருவல் இயந்திர அச்சுகள்

கிடைமட்டத் துருவல் இயந்திரத்தில் சுழலி கிடைமட்டமாக இருக்கும். சுழலியின் அச்சுடனே இருக்கும் இயக்கத்தின் அச்ச எப்பொழுதும் Z- அச்ச என்பது ஞாபகம் இருக்கட்டும். நீங்கள் கிடைமட்டத் துருவல் இயந்திரத்தின் முன் நின்றால் வழக்கமாக X அச்ச இடம்வலமாகச் செல்லும், Y அச்ச மேலும் கீழுமாகச் செல்லும்.



கிடைமட்டத் துருவல் இயந்திர அச்சுகள்

இப்போது, நாம் நான்காவது அச்சைச் சேர்த்தால், அது பொதுவாக இடம்வலமாகச் செல்லும் X அச்சை மையமாக வைத்துச் சுழலும். எனவே நமது பணிப்பொருளின் முன் மற்றும் பின்புறங்களில் துளைகள் போடலாம் மற்றும் காடிகள் வெட்டலாம். இந்த சுழல் அச்சை A அச்ச என்று சொல்கிறோம். படத்தில் உள்ள செங்குத்துத் துருவல் இயந்திரத்தில் எந்திர மேடை X அச்சை மையமாக வைத்து சுழலக்கூடியது என்பதைக் காணலாம்.



சுழல் அச்சுகள்

இதேபோல் எந்திர மேடையின் வட்ட நடு பாகம் Z அச்சை மையமாக வைத்து சுழலக்கூடியது. இதையே C அச்ச என்று சொல்கிறோம்.

(Acknowledgements)

- [East Tennessee State University கட்டுரைகளும் படங்களும்](#)

12.

(CNC

Programming)

கணினி எண்ணிம கட்டுப்பாட்டு (Computer Numerically Controlled) எந்திரங்களைத் தமிழில் அஃகுப்பெயராக கயெகஎந்திரங்கள் என்று கூறலாம். கணினி கட்டுப்பாட்டில் மரவேலை வழிச்செயலி (Woodworking Router), மின்ம வெட்டல் (Plasma Cutting), லேசர் வெட்டல் (Laser Cutting), செதுக்கல் (Engraving), பற்றவைத்தல் (Welding) போன்ற பல எந்திரங்களை இயக்கலாம்.

இக்கட்டுரையில் [கயெக கடைசல் இயந்திரம் \(CNC Lathe\)](#) மற்றும் [கயெக துருவல் இயந்திரம் \(CNC Milling machine\)](#) ஆகியவற்றில் முக்கியமாகக் கவனம் செலுத்துகிறோம். [கயெக \(CNC\) எந்திர அடிப்படைகள் பற்றி இந்தக் கட்டுரையில் காணலாம்.](#) மற்ற இயந்திரவியல் அடிப்படைக் கட்டுரைகளின் இணைப்புகளைக் கீழே காணலாம். கடைசல் இயந்திரத்தில் பணிப்பொருள் சுழல்கிறது, 2ளியை நகர்த்துகிறோம். மாறாக துருவல் இயந்திரத்தில் 2ளி சுழல்கிறது பணிப்பொருளை நகர்த்துகிறோம். மேலும் கடைசல் இயந்திரத்தில் பொதுவாக ஒற்றை முனை 2ளிகளைப் பயன்படுத்துகிறோம். மாறாக துருவல் இயந்திரத்தில் பல்முனை 2ளிகளைப் பயன்படுத்துகிறோம்.

பணிப்பொருளுக்கு எதிராக வெட்டுளி நகரும் பாதையையும் வேகத்தையும் முக்கியமாகக் கயெக நிரல் கட்டுப்படுத்துகிறது. ஆகவே நாம் தயாரிக்க விரும்பும் ஒவ்வொரு பாகத்துக்கும் அதற்கேற்ற கயெக நிரல் தேவை. ஆகவே இந்த நிரல் எழுதுவதை பாக நிரலாக்கம் (Part Programming) என்றும் சொல்கிறார்கள்.

கயெக எந்திரத்துக்கு நிரல் எழுத வேண்டுமானால் நீங்கள் நான்கு அடிப்படைப் பகுதிகளில் கவனம் செலுத்த வேண்டும். முதலில் அந்த எந்திரத்தின் முக்கிய பாகங்கள் உங்களுக்கு நன்றாகத் தெரிய வேண்டும். இரண்டாவது அந்த எந்திரம் நகரும் திசைகள் அதாவது ஆயங்கள் உங்களுக்கு சரளமாகப் புரிய வேண்டும். மூன்றாவது அந்த எந்திரத்தில் இருக்கும் துணைக் கருவிகள் பற்றித் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். நான்காவது அந்த எந்திரத்தில் நிரலாக்கம் செய்யக்கூடிய பணிகள் பற்றியும் அவற்றுக்கு எவ்வாறு நிரல் எழுதுவது என்றும் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும்.

G

கயெக நிரல் எழுதும் மொழியைப் பொதுவாக G நிரல் என்று சொல்கிறோம். நாம்

தயாரிக்க விரும்பும் பாகத்தின் வடிவத்தை (Geometry) இந்த நிரல் நிர்ணயம் செய்வதால் இப்பெயர் வந்தது என்று சொல்கிறார்கள். G நிரலுக்கான தரநிலை ISO 6983 மற்றும் RS-274 ஆகியவற்றில் சுட்டிக் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. கயெக எந்திரத் தயாரிப்பாளர்கள் சிற்சில மாற்றங்கள் செய்வதால் அந்த எந்திரத்தின் கையேடுகளைப் பின்பற்றுவதே சிறந்த வழி. எனினும் நிரல் எழுதக் கற்றுக் கொள்ளும்போது தரநிலைப்படி எழுதலாம். சுழலியைத் துவக்குவது, நிறுத்துவது, வெப்ப ஆற்றியைத் துவக்குவது, நிறுத்துவது போன்ற வேலைகளுக்கான நிரல்கள் M எழுத்தில் தொடங்கும். ஊனியை நகர்த்துவது தவிர இதர (Miscellaneous) வேலைகளுக்குப் பயன்படுவதால் இப்பெயர் வந்தது என்று சிலர் சொல்கிறார்கள். இயந்திர (Machine) வேலைகளுக்குப் பயன்படுவதால் இப்பெயர் வந்தது என்று வேறு சிலர் சொல்கிறார்கள்.

(coordinate systems)

கயெக இயந்திரங்களில் இரண்டு மிகவும் பொதுவான அச்ச வகைகள் உள்ளன. ஒன்று நேரோட்டப் பாதை (linear) மற்றது வட்டப் பாதை (rotary). இவற்றுக்கேற்ப பயன்படுத்தப்படும் இரண்டு மிகவும் பொதுவான அமைப்புகள் செவ்வக அல்லது கார்டீசியன் ஆய முறைமை (rectangular or Cartesian coordinate system) மற்றும் துருவ (polar) ஆய முறைமை ஆகும். வெட்டும்போது ஊனி வெட்டு வேகப்படி மெதுவாகத்தான் நகரும். ஆனால் ஊனியை வெட்டத் தொடங்கும் இடத்துக்கு விரைவாக நகர்த்தலாம். ஆக நேரோடி (linear), வட்ட வடிவம் (circular) மற்றும் விரைவு (rapid) ஆக மூன்று இயக்க வகைகள் உள்ளன. மெட்ரிக் அளவை முறையில் மீச்சிறு ஏற்றம் (smallest increment) 0.001 மிமீ இருக்கலாம். சுழலும் ஆயத்துக்கு மீச்சிறு ஏற்றம் 0.001 பாகை இருக்கலாம்.

(zero point)

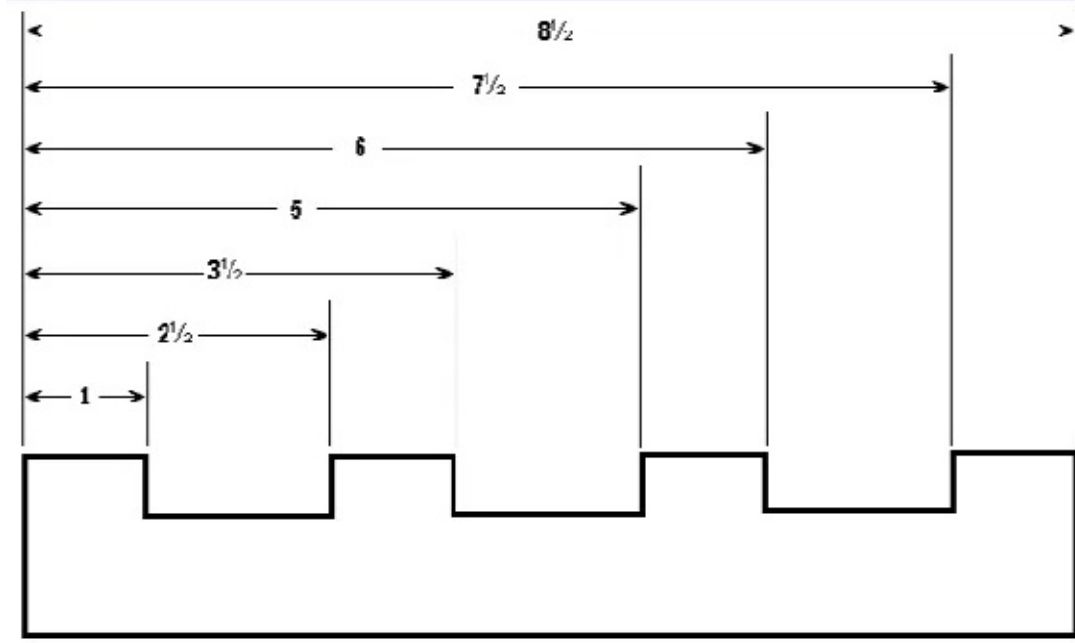
கயெக இயந்திரங்களில் வெட்டுளி எவ்வளவு தூரம் நகரவேண்டுமென்ற கட்டளைகளை ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திலிருந்தே தொடங்குவோம். ஆகவே இதற்கு நிரல் தொடக்கப் புள்ளி (program origin) என்று பெயர். இந்த இடத்தில் ஆயங்கள் யாவும் பூச்சியம் என்பதால் இதைப் பூச்சியப் புள்ளி என்றும் சொல்கிறார்கள். இதில் இரண்டு வகைகள் உள்ளன.

முதல் வகை நிலையான பூச்சியம் (fixed zero). இதில் பூச்சியப் புள்ளி அல்லது தொடக்கப் புள்ளி எப்போதும் எந்திரத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் அமைந்திருக்கும். இது பொதுவாக எந்திர மேசைத்தளத்தின் தென் மேற்கு மூலையில் அதாவது இடது கைப் பக்கம் கீழ் மூலையில் அமைந்திருக்கும். இந்த இடத்தை ஆதாரமாக வைத்தே வெட்டுளியின் இடங்கள் யாவும் கொடுக்கப்படும். இரண்டாம் வகை மிதக்கும் பூச்சியம் (floating zero). எந்திர மேசைத்தளத்தில் எந்தவொரு வசதியான இடத்திலும் எந்திரத்தை இயக்குபவர் பூச்சியப் புள்ளியை

அமைத்துக் கொள்ளலாம். இந்த மிதக்கும் பூச்சியப் புள்ளி வகைதான் தற்போது பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

(absolute mode)

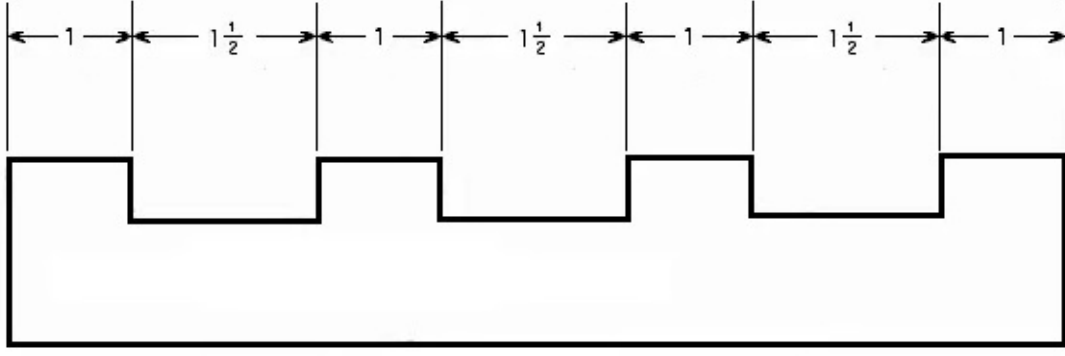
முழுவளவு முறையில் அனைத்து இயக்கங்களுக்கான முடிவுப் புள்ளிகளையும் நிரல் பூச்சியப் புள்ளியிலிருந்து கொடுப்போம். இது பொதுவாக 2-நி இயக்கம் கட்டளைகளுக்கு இறுதிப் புள்ளிகளைக் குறிப்பிடுவதற்கான சிறந்த மற்றும் எளிதான வழிமுறையாகும். முழுவளவு முறையில் அளவுகள் கொடுப்பதையும் கூடுதலளவு முறையில் அளவுகள் கொடுப்பதையும் இப்படங்களில் ஒப்பிடலாம்.



முழுவளவு முறை

(relative mode)

கூடுதலளவு முறையில் அனைத்து இயக்கங்களுக்கான முடிவு புள்ளிகளையும் 2-நிபின் தற்போதைய இடத்திலிருந்து கொடுப்போம், நிரல் பூச்சியப் புள்ளியிலிருந்து அல்ல. சில நேரங்களில் இது உதவியாக இருக்கும். ஆனால் இது பிரச்சினையானது. ஏனெனில் முழுவளவு முறையில், நிரலின் ஒரு கட்டளையில் தவறு ஏற்பட்டால், ஒரே ஒரு இயக்கம் மட்டும்தான் தவறானதாக இருக்கும். இதற்கு மாறாக, கூடுதலளவு முறையில் ஒரு தவறு ஏற்பட்டால், அதன் பின் வரும் அனைத்து இயக்கங்களும் தவறானதாக ஆகிவிடும்.



கூடுதலளவு

முறை

நிரல் எடுத்துக்காட்டுகள்

[தருவல் இயந்திரத்துக்கான G நிரல் மற்றும் M நிரலுக்கான குறிப்புதவிக் கையேடு ஒன்றை இங்கே காணலாம்.](#)

G நிரல் எடுத்துக்காட்டுகள்:

- G00 விரைந்து குறிப்பிட்ட இடத்தில் நிறுத்துதல் (Rapid positioning).
- G01 நேரியல் இடைக்கணிப்பு: நேர்கோட்டில் வெட்டும் போது ஊட்டத்துக்கான மிகவும் பொதுவான நிரல். பணிப்பு மின்பொறி (Servo Motor) அல்லது படிநிலை மின்பொறி (Stepper Motor) வழியாக குண்டுத்திருகை (ball screw) எவ்வளவு திருப்பவேண்டுமென்ற கோண வேகங்களைக் கணக்கிடுகிறது.
- G02 வட்ட இடைக்கணிப்பு: நேர்கோடாக அல்லாமல் வட்டவடிவத்தில் வலச்சுற்றாக நகர்த்த இடையிலுள்ள புள்ளிகளைக் கணித்து உளியை நகர்த்துகிறது.

M நிரல் எடுத்துக்காட்டுகள்:

- M03 சுழலியை வலச்சுற்றாகத் துவக்குதல்.
- M04 சுழலியை இடச்சுற்றாகத் துவக்குதல்.
- M08 திரவ வெப்ப ஆற்றியைத் துவக்குதல்.

13.

(CNC Simulators)

?

கயெக நிரலாக்கம் (CNC Programming) பற்றிய அடிப்படைகளை முந்தைய கட்டுரையில் காணலாம். புதிதாக நிரல் பயில்வோர் தங்கள் நிரலை ஓட்டிப் பார்க்க ஒரு எளிதான வழி தேவை. கயெக எந்திரங்கள் விலை உயர்ந்தவை. மேலும் உற்பத்திக்குப் பயன்படும் எந்திரங்களின் நேரத்தை வீணடிக்க வேண்டியதில்லை.

அனுபவமுள்ள நிரலாளர்கள்கூட கயெக நிரலாக்கத்தில் மிகப் பெரும் இடர் என்ன என்பது பற்றிக் கவனம் வைக்க வேண்டும். நீங்கள் நிரலில் இட்ட கட்டளைகளைக் கணினி கண்ணை மூடிக்கொண்டு அப்படியே செய்யும் என்பது உங்களுக்குத் தெரிந்ததுதான். பணிப்பொருளின் மீது தேவையான வெட்டு ஆழம் வைத்து உளியை நகர்த்தினால் உலோகத்தை வெட்டும். இதுதான் நாம் எதிர்பார்க்கும் விளைவு. இதற்கு மாறாக நாம் தவறி உளியை இயந்திரத்தின் பாகங்களின் மேல் நகர்த்தினால் அவை சேதமடையும். அத்துடன் உளியும் உடைந்து தெறிக்கும். இம்மாதிரி விபத்தை மோதல் (collision) என்று சொல்கிறோம். இந்த மோதல்தான் கயெக நிரலாக்கத்தில் மிகப் பெரும் இடர். சில நேரங்களில் நாம் உளியை எதிர்பாராத அளவு இயந்திர பாகங்களின் அருகில் கொண்டு செல்லக்கூடும். இம்முறை மோதல் ஆகவில்லை என்றாலும் இதுபோல் மயிரிழையில் தப்பினால் (near-miss) நம் கணிப்பில் ஏதோ தவறு உள்ளது என்பது நிச்சயம். அடுத்த முறை மோதல் நிகழக் கூடும். இம்மாதிரி மோதல்களையும் மோதக்கூடிய நிலைகளையும் தவிர்க்க கயெக பாவனையாக்கிகள் பெரிதும் உதவுகின்றன.

நாம் எழுதும் G நிரல் என்ன செய்கிறதென்று உடன் பின்னூட்டம் கிடைத்தால்தான் நம்மால் விரைவாகக் கற்றுக் கொள்ள முடியும். மேலும் நிரலில் மாற்றங்கள் செய்தால் என்ன நடக்கும் என்று தெரிந்து கொள்ளவும் கயெக பாவனையாக்கிகள் இன்றியமையாதவை.

அனுபவமுள்ள நிரலாளர்களும் எவ்வளவு தெளிவாகக் கணிப்பு செய்திருந்தாலும் உளிப்பாதையை வரைபடமாகப் பார்ப்பதுபோல் விரைவு சரிபார்த்தலுக்கு (quick sanity check) வேறு சிறந்த வழி கிடையாது.

கயெக எந்திரத்திலேயே பணிப்பொருளிலிருந்து உயரமான இடத்தில் சுழிப்புள்ளியை

வைத்து 2ளி எதையும் வெட்டாமல் நிரலை மட்டும் ஓட்டிப் பார்ப்பதற்கு “காற்று வெட்டுதல்” என்று கூறுகிறார்கள். இது பாக நிரலை நிரூபிக்க ஒரு வழி. இயந்திரத்தின் நேரம் வீணாகும். ஆனால் பாவனையாக்கிகளில் தெரியாத வழக்களையும் இம்மாதிரி எந்திரத்தில் நேரடியாக ஓட்டிப் பார்த்துக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

?

G நிரலை ஓட்டி பணிப்பு விசைப்பொறியையும் சுழலியையும் சுழற்றுவதற்குப் பதிலாக கயெக பாவனையாக்கிகள் ஒரு வரைகலை காட்சித் தொகுப்பை உருவாக்குகின்றன. இது அந்த நிரலை ஓட்டினால் கயெக எந்திரம் என்ன செய்யும் என்பதைப் படமாகக் காட்டுகிறது. இக் காட்சித் தொகுப்பை 2ளிப்பதை (Backplot) என்று பொதுவாகச் சொல்கிறார்கள்.

நிரல் தொடக்கப் புள்ளியில் (program origin) ஒருங்களவுகள் யாவும் சுழி என்பதால் இந்தப் புள்ளிக்கு சுழிப் புள்ளி (zero point) என்றும் பெயர். படத்தில் சிவப்பு, பச்சை மற்றும் நீல நிறத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளவை X, Y மற்றும் Z அச்சுகள். இவை மூன்றும் சந்திக்கும் புள்ளிதான் சுழிப் புள்ளி.

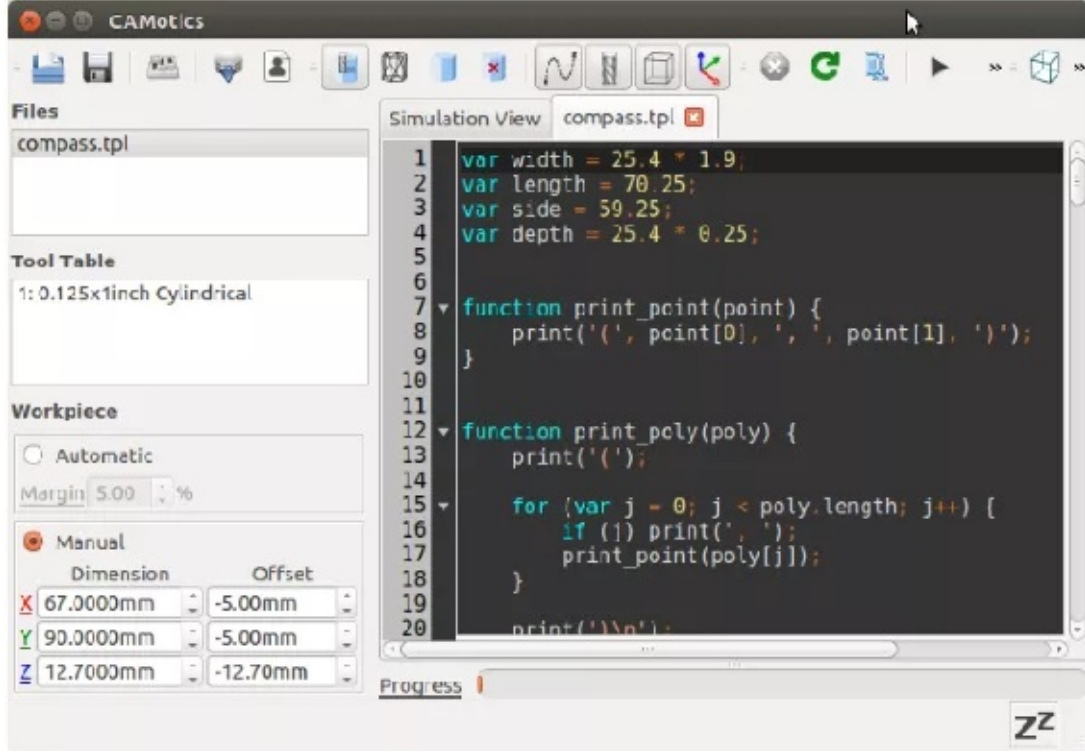
ஒரு நல்ல கயெக பாவனையாக்கி உங்களுக்கு பயனுள்ள தகவல்கள் பலவற்றையும் சொல்ல முடியும். எல்லாவற்றிற்கும் மேலாக, நீங்கள் எதிர்பார்க்கும் பாதையில் 2ளி செல்கிறதா என்பதை இக்காட்சித் தொகுப்பைப் பார்த்தால் ஒரே பார்வையில் உடன் சொல்லலாம். நீங்கள் எதிர்பார்த்திருக்கும் பகுதிக்கு வெளியே எந்த விளக்கப்படாத காரணங்களுக்காகவும் திடீரென்று நகர்ந்தால் அதைக் கவனித்துப் பாருங்கள். சிவப்புக் கோடுகள் 2ளியின் விரைவு இயக்கத்தைக் காட்டுகின்றன. இவை சிவப்பு நிறத்தில் இருப்பது ஏனெனில் பணிப்பொருளுக்குள் விரைந்து நுழையக் கூடாது. வெள்ளை அல்லது பச்சைக் கோடுகள் 2ளி ஊட்ட வேகத்தில் இயங்குவதைக் குறிக்கின்றன.

G (Web G Code)

இணைய G நிரல் ஒரு திறந்த மூல கயெக பாவனையாக்கி. இதை நீங்கள் பதிவிறக்கி நிறுவிப் பயன்படுத்தலாம். [இன்னும் எளிதாக இணையதளத்திலேயே பயன்படுத்தவும் முடியும்.](#)

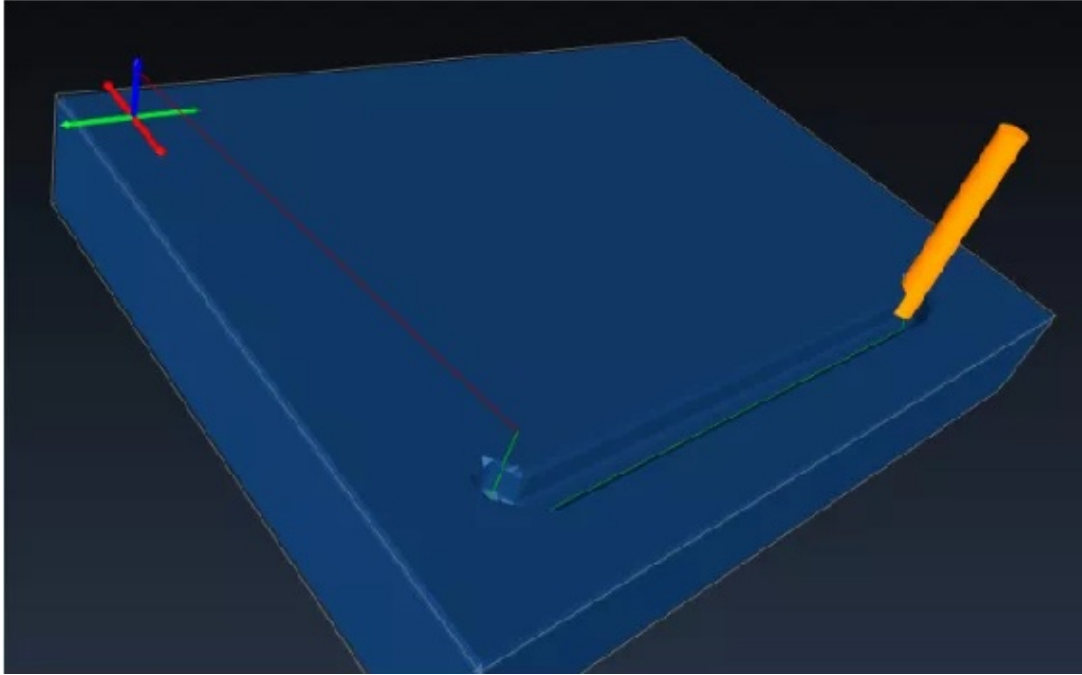
-

ஒரு முன்மாதிரி .tpl கோப்பு படத்தில் பார்க்கலாம்.



கேமோட்டிசு நிரல்

மேற்கண்ட கோப்பை ஓட்டிப் பார்த்தால் இந்தப் படத்தை உருவாக்கும்.



கேமோட்டிசு பாவனையாக்கல்

கேமோட்டிசு பயன்படுத்தி கயெக எந்திரங்களுக்கான 3-அச்ச G நிரல்களை

நீங்கள் பாவனையாக்கலாம் மற்றும் அதன் விளைவுகளை முப்பரிமாணத்தில் காட்சிப்படுத்தலாம். லினக்ஸ், விண்டோசு மற்றும் மேக் கணினிகளில் திறந்த மூல கேமோட்டிங் நிறுவலாம்.

கேமோட்டிங் செய்ய இயலாத வேலைகள்:

- 5-அட்சு பாவனையாக்கல் செய்ய இயலாது.
- கடைசல் எந்திர பாவனையாக்கல் செய்ய இயலாது.

14.

(CNC Retrofitting)

நான் ஒரு ஆவணத்தை வெளிநாட்டுக்கு அவசரமாக அனுப்ப வேண்டியிருந்தது. தகவல் பாதுகாப்புக்காக அவர்கள் மின்னஞ்சலில் பெற்றுக் கொள்வதில்லை. தொலைநகலி அல்லது வழக்கமான அஞ்சல் மூலமாகத்தான் அனுப்ப முடியும். தொலைநகலி சேவை பெருநகரில் எங்குமே இல்லை. சில வருடங்களாகவே எவரும் தொலைநகலி சேவையைப் பயன்படுத்துவதில்லையென்று கூறினர். புகைப்படம் எடுத்து வாட்சப் போன்ற செயலி மூலமாகவோ அல்லது வருடியில் PDF கோப்பாக நகல் எடுத்து மின்னஞ்சல் மூலமாகவோ அனுப்பி விடுகிறார்கள் என்று கூறினர்.

இவ்வாறு தொழில்நுட்பம் விரைவாக மாறிவரும் காலத்தில் இன்னும் கையால் இயக்கும் எந்திரங்களைப் பயன்படுத்துவது வணிக ரீதியாக நியாயப்படுத்த முடியாது. ஆனால் பெரு முதலீடு செய்து வாங்கிய எந்திரம், நல்ல பராமரிப்பில் வைத்திருக்கிறீர்கள். இன்னும் சில பத்தாண்டுகள் மிக நன்றாக வேலை செய்யும். இவ்வாறிருக்க கையால் இயக்கும் எந்திரங்களை எப்படி கழித்துத் தள்ளிவிட்டுப் புது கயெக எந்திரங்களில் முதலீடு செய்வது என்று கேட்கிறீர்களா? நியாயமான கேள்வி!

ஆகவே மேற்கண்ட பிரச்சினைக்கு கயெக பின்மாற்றுப் பொருத்தல் நல்ல தீர்வாக அமையும். புதிய எந்திரம் வாங்கத் தேவைப்படும் முதலீட்டில் ஒரு சிறு பாகம் மட்டுமே செலவு செய்து உங்களிடம் இருக்கும் கையால் இயக்கும் எந்திரங்களைக் கயெக எந்திரங்களாக பின்மாற்றுப் பொருத்தல் செய்ய இயலும்.

ஆனால் இது செய்யக் கூடியது தானா? நன்றாக ஓடிக்கொண்டிருக்கும் இயந்திரம் வீணாகி விட்டால் என்ன செய்வது என்று கவலைப் படுகிறீர்களா? நியாயமான கவலை!

நீங்களே செய்ய முடியும் **(Do It Yourself—DIY)** திட்டத்தின் கீழ் தயார் செய்யப்படும் கயெக எந்திரங்கள்

கயெக எந்திரங்கள் தயார் செய்வதும் மாற்றங்கள் செய்வதும் எளிதாகிக் கொண்டு வருகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, [கனடா நாட்டு ராக்ளிஷ் நிறுவனம் நீங்களே செய்ய முடியும் \(Do It Yourself—DIY\) என்ற திட்டத்தின் கீழ் கயெக எந்திரங்கள் செய்வதற்கான வரைபடங்களை மிகக் குறைந்த விலையில் விற்கிறார்கள்](#). பலர் இந்த வரைபடங்கள்படி கட்டுமான பாகங்கள் செய்து, குண்டுத் திருகு, படிநிலை மின்பொறி போன்ற பொழுதுபோக்கு (hobby) கயெக பாகங்களை வாங்கித் தாங்களே எந்திரத்தை சேர்த்து இணைத்துக்கொள்கிறார்கள். இம்மாதிரி

தயார் செய்யப்பட்ட ஒரு கயெக எந்திரத்தின் படத்தை இங்கே காணலாம்.



கயெக திசைவி (CNC Router)



பின்மாற்றுப் பொருத்தல் செய்த கடைசல் எந்திரம்

தானியங்கியாக ஓடுவதால் ஒரு பாகம் தயாரிக்க ஆகும் சுழற்சி நேரம் குறையும் மற்றும் துல்லியம் கூடும். ஊட்டத்தை நன்கு கட்டுப்படுத்த முடியும். தவிர கணினி கட்டுப்பாட்டில் ஊட்டம் கொடுப்பதால் மேற்பரப்புச் சீரமை நன்றாக இருக்கும். திரும்பத்திரும்ப ஒரே மாதிரி செய்ய நம்பத்தகுந்தது. திறமை வாய்ந்த தொழில் வினைஞர் மட்டும்தான் இயக்க முடியும் என்று இருக்கவேண்டியதில்லை. பழைய எந்திரங்கள் பல்சக்கரம் மூலமோ அல்லது கப்பிகள் மற்றும் வார்ப்பட்டைகள் மூலமோ ஓடுவதால் உராய்வு அதிகம். இதனால் ஓடும்போது இரைச்சல் அதிகம், மின்சாரமும் அதிகம் செலவாகும் மற்றும் அடிக்கடி உயவிட (lubrication) வேண்டும். அதிக திருப்புத் திறன் கொண்ட மின்விசைகளை (High Torque Motors) நேரடியாக சுழல் தண்டில் (shaft) பயன்படுத்துவதால் இரைச்சல் குறைவு, அடிக்கடி உயவிட வேண்டாம் மற்றும் மின்சாரத்தையும் சேமிக்க முடியும்.

சந்தையில் பல விற்பனையாளர்கள் கயெக பின்மாற்றுப் பொருத்தல் செய்வதாகச் சொல்கிறார்கள். விற்பனையாளரை மதிப்பீடு செய்வது முக்கியம். நம்பகமான மற்றும் நல்ல தரமான பாகங்கள் பயன்படுத்துவதும் முக்கியம். அவர்கள் எவ்வளவு நிறுவனங்களில் எத்தனை எந்திரங்கள் இம்மாதிரி பின் மாற்றுப் பொருத்தல் செய்திருக்கிறார்கள் என்று கேட்டுத் தெரிந்து கொள்ளவும். அந்த வாடிக்கையாளர்களை அணுகி அவ்வெந்திரங்கள் திருப்திகரமாக வேலை செய்கின்றனவா என்று விசாரிக்கவும். மேலும் பாகங்களுக்கு நியாயமான

காலத்துக்கு பொறுப்புறுதியும் தேவை. கயெக எந்திரங்களில் உங்கள் ஊழியர்களுக்கு விற்பனையாளர் பயிற்சி தருவதும் முக்கியம்.

சுழல் தண்டுக்கு மாறு அலையெண் இயக்கி (**Variable Frequency Drive—VFD**)

கடந்த சுமார் நாற்பது ஆண்டுகளில், மின்திறனுக்கான மின்னணுவியல் தொழில்நுட்பத்தில் முன்னேற்றங்கள் பல வந்துவிட்டதால் மாறு அலையெண் இயக்கியின் செலவு மற்றும் அளவைக் குறைத்து, செயல்திறனை மேம்படுத்திவிட்டன. இதைப் பயன்படுத்தினால் சுழல் தண்டின் வேகத்தை மாற்றுவதற்கு எடுக்கும் நேரம் மற்றும் வேலை மிச்சமாகும். தவிர இரைச்சல், பராமரிப்பு மற்றும் மின்சார செலவும் குறையும். இது எந்த அளவு உங்களுக்குப் பயன்படும் என்பதையும் மதிப்பிடவும்.

கயெக பின்மாற்றுப் பொருத்தல் செய்யும் விற்பனையாளர்களே சுற்று வேலைகளையும் தானியங்கியாக மாற்ற உதவக்கூடும். தானியங்கி உயவிடல் அமைப்பு (Automatic Lubrication System), தானியங்கி உளி மாற்றி (Automatic Tool Changer), பாகக் கூடை மாற்றி (Pallet Shuttle) ஆகியவற்றுக்கு எவ்வளவு செலவாகும் என்ன பயன் தரும் என்றும் மதிப்பிடவும்.

(Acknowledgements)

- [Michael Vroegop](#)

15.

(CNC Turning and Machining Centers)

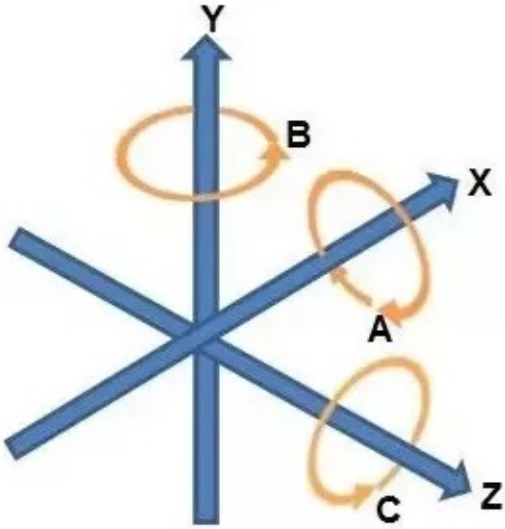
கயெக எந்திரங்களில் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுபவை கடைசல் மையமும் (Turning Center) துருவல் மையமும் (Machining Center) ஆகும். கயெக கடைசல் எந்திரங்களுக்கும் கடைசல் மையங்களுக்கும் இடையே முறையான வேறுபாடு எதுவுமில்லை. எனினும், “கடைசல் எந்திரம்” என்ற பெயர் கடைசல் மட்டுமே செய்யக்கூடிய இயந்திரங்களைக் குறிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவை X மற்றும் Z ஆக இரண்டு அச்சுகளை மட்டுமே கொண்டிருக்கும் மற்றும் ஒரேயொரு பிடிப்பிதான் இருக்கும். இதற்கு மாறாக, “கடைசல் மையம்” என்ற பெயர் கடைசல் எந்திரத்தில் துருவல் அல்லது துரப்பணத் திறனை ஒருங்கிணைக்கும் அல்லது இரண்டாம் செயல்பாடுகளைச் செய்வதற்குத் துணை சுழல் தண்டுகளைக் (sub-spindles) கொண்ட இயந்திரங்களை வழக்கமாகக் குறிக்கிறது. ஆகவே இவற்றில் மூன்றாம் Y அச்சம் உண்டு.



கயெக கடைசல் மையம்

தானியங்கு 2ளி மாற்றி (Automatic tool changer) கொண்ட கயெக துருவல் எந்திரங்களைத் “துருவல் மையம்” என்று சொல்கிறார்கள். கயெக துருவல் மையத்தின் மிக அடிப்படையான சிறப்பியல்பு சுழலியின் திசையமைவுதான். செங்குத்துத் துருவல் மையங்கள் (Vertical Machining Centers—VMC) பொதுவாகத் துல்லியமான வேலைக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கிடைமட்டத் துருவல் மையங்கள் (Horizontal Machining Centers—HMC) பொதுவாகப் பெருமளவு தயாரிப்புக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

மற்றொரு பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் துருவல் மையம் ஐந்து அச்சுகள் கொண்டது. இது பணிப்பொருளையோ அல்லது வெட்டுக் கருவியையோ அல்லது இரண்டையுமோ பல கோணங்களில் திருப்ப வல்லது. ஆகவே பல கோணங்களில் துருவலும் துரப்பணமும் செய்ய இயலும். அதாவது வெட்டுக் கருவி ஐந்து அச்சுகளில் நகரவும் திரும்பவும் வல்லது. X, Y மற்றும் Z ஆக மூன்று நேர் அச்சுகளில் நகரும். மற்றும் A மற்றும் B ஆக இரண்டு அச்சுகளில் திரும்பும். எனவே பணிப்பொருளை இந்த ஐந்து திசைகளிலிருந்தும் அணுக இயலும்.



மூன்று நேரியல் மற்றும் மூன்று சுழல் அச்சுகள்

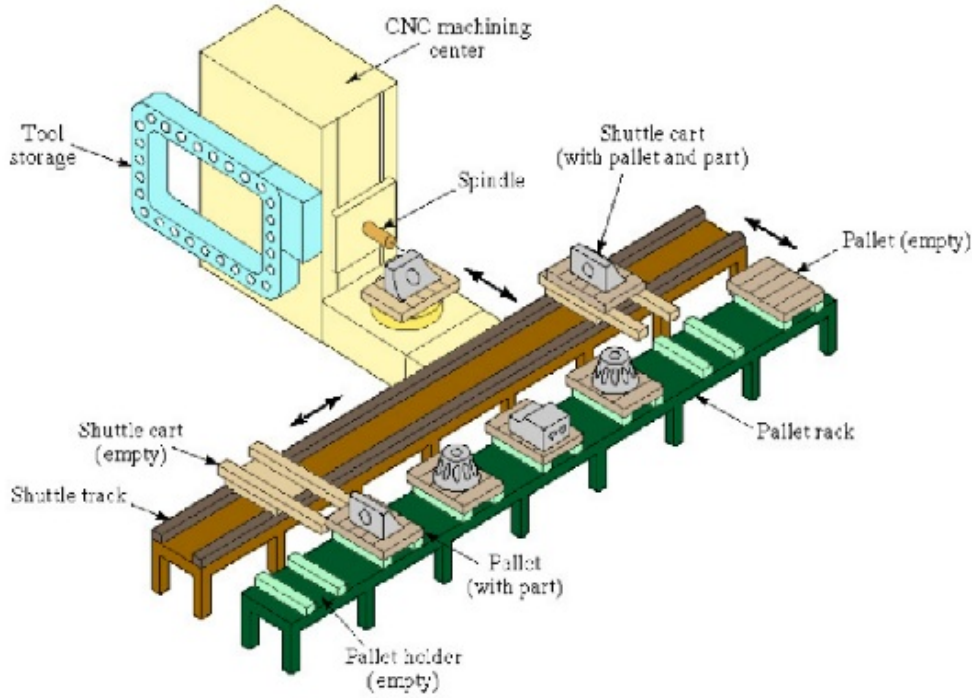


கயெக துருவல் மையம்

தானியங்கு பணிப்பொருள் மாற்றி (**Pallet Shuttle or Pallet Changing Systems**)

எந்திரப் பணிமனையில் பணிப்பொருளையும் பாகங்களையும் கையாளும் வசதிக்காக பெரும்பாலும் மரத்தாலான அடிமேடைகளையோ அல்லது கலங்களையோ பயன்படுத்துகிறோம். வழக்கமாக வெட்டு வேலை முடிந்தபின்

அந்த இயந்திரத்தை இயக்குபவர் பாகத்தை பிடிப்பியிலிருந்து எடுத்து கலத்தில் வைத்துவிட்டு அடுத்த பணிப்பொருளை எடுத்து இயந்திரத்தின் பிடிப்பியில் பொருத்துவார். இது ஒவ்வொரு பாகத்துக்கும் செய்ய வேண்டிய வேலை ஆதலால் கையால் செய்தால் அந்த நேரத்தில் எந்திரம் பயனற்றதாக இருக்கும், உற்பத்தி செய்யக்கூடிய நேரம் வீணாகும். ஆகவே உற்பத்தித் திறனை உயர்த்தும் பொருட்டு கயெக எந்திரங்களில் தானியங்கு பணிப்பொருள் மாற்றிகள் அவசியமாகிவிட்டன.



தானியங்கு பணிப்பொருள் மாற்றி

கையால் செய்தால் எந்திரத்தின் உற்பத்தி நேரத்தை வீணடிக்கும் மற்றொரு

முக்கியமான வேலை ஁ளி மாற்றுவது. தானியங்கு ஁ளி மாற்றி இந்த வேலையை
விரைவாகச் செய்வதால் ஁ற்பத்தித் திறனை ஁யர்த்த முடியும்.



தானியங்கு ஁ளி மாற்றி

(Acknowledgements)

- [Wikimedia Commons](#)—CNC Lathe
- [Wikimedia Commons](#)—Automatic Tool Changer
- [Parts handling system](#)

16.

(Cellular

Manufacturing)

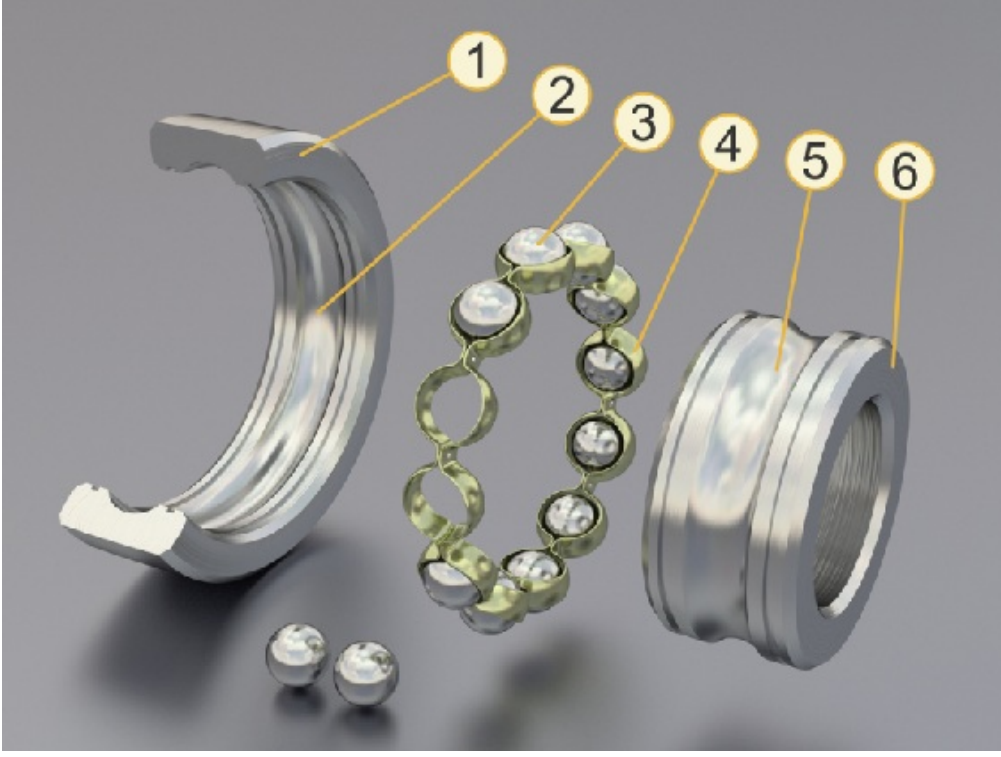
தேவைக்கேற்ற மின்னழுத்தம் அல்லது மின்னோட்டம் வழங்குவதற்கு ஒருங்கிணைந்து செயல்படும் பல மின்கலங்களின் அணியைப் பயன்படுத்துகிறோம். இதேபோல் தேவையான பாகம் உற்பத்தி செய்ய பல தனித்தனி உற்பத்தி எந்திரங்களின் அணியைப் பயன்படுத்தலாம். இதையே எந்திர அணி பொருளாக்கம் அல்லது எந்திர அணி உற்பத்தி என்று சொல்கிறோம்.

ஒரு உற்பத்திப் பிரிவில், ஒரு பாகம் அல்லது துணைத்தொகுப்பு தயாரிக்க தேவையான அனைத்து செயல்பாடுகளும் அருகருகே செய்யப்படும். பெரும்பாலும் U- வடிவ அமைப்பில் எந்திரங்கள் ஒழுங்கமைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த எந்திரங்களை இயக்குபவர்கள் பொதுவாக பலவிதமான வேலைகளில் மேலதிக பயிற்சி பெற்றிருப்பர். ஆகவே இவர்களால் தேவைப்படும் பலவிதமான பணிகளைச் செய்ய முடியும்.

ஒரே மாதிரியான பாகங்களைப் பெருமளவில் உற்பத்தி செய்ய இந்த முறை பயன்படுகிறது. இம்மாதிரி தொடர்ச்சியாகச் செய்வதால் அடுத்த செயல் முறையில் ஒரு பிரச்சினை வந்தால் அதன் முந்தைய செயல்முறையை உடனடியாகச் சரி செய்ய முடியும். பிழை வந்து நிராகரிக்கப்படும் பாகங்களின் விழுக்காடு குறையும்.

எடுத்துக்காட்டு: தாங்கியின் வளையங்கள்

எடுத்துக்காட்டாக நீங்கள் தாங்கியின் வெளி வளையம் (bearing outer ring) மற்றும் உள் வளையம் (inner ring) பல்லாயிரக்கணக்கில் தயாரிக்க வேண்டும் என்று வைத்துக் கொள்வோம்.



1. வெளி வளையம் 6. உள் வளையம்

இந்த வேலையைக் குழாய் வடிவத்திலுள்ள கச்சாப் பொருளிலிருந்து தொடங்குவீர்கள். முதல்வேலையாகக் கயெக கடைசல் எந்திரத்தில் சாணை பிடிக்க மட்டும் வரம்பு விட்டு முழு வடிவில் உலோக வெட்டு செய்வீர்கள். நிறுவனத்தின் சின்னத்தையும் தாங்கியின் அடையாள எண்ணையும் முகப்பக்கத்தில் முத்திரையிடுதல் இரண்டாவது வேலை. மூன்றாவது கடினப்படுத்துதல் (hardening) மற்றும் பதப்படுத்துதல் (tempering). இவற்றை கடினப்படுத்த குறிப்பிட்ட அளவுக்கு சீராக சூடாக்கி எண்ணெயில் தணிக்க (quenching) வேண்டும். அடுத்து பதப்படுத்த குறிப்பிட்ட அளவுக்கு சூடாக்கி ஓரிரு மணி நேரம் வைத்திருக்க வேண்டும். நாலாவது வேலை சாணை பிடித்தல் (grinding). முதலில் தேவையான அகலம் வைத்து முகத்தை சாணை பிடிக்க வேண்டும். அடுத்து வெளி விட்டத்தையும் உள் விட்டத்தையும் சாணை பிடிக்க வேண்டும் கடைசியாக ஓடுதலத்தைத் தேவையான வடிவத்தில் சாணை பிடிக்க வேண்டும். கடைசி வேலை சாணைக் கல்லில் தீட்டுதல் (honing).

—

வழக்கமாக இந்த தொழிற்சாலையில் எந்திரப் பணிமனை, முத்திரையிடுதல்,

வெப்பப் பதனிடல் தனித்தனிப் பகுதிகளாக இருக்கும். எந்திரப் பணிமனையில் கடைசல், சாணை பிடித்தல், தீட்டுதல் தனித்தனி உட்பிரிவுகளாக இருக்கும். ஒவ்வொரு செயல்முறையும் முடிந்த பின் பணிப்பொருட்களைத் தொகுதி தொகுதியாக (batch) அடுத்த செயல்முறைக்கான எந்திரம் இருக்கும் இடத்துக்கு நகர்த்துவார்கள்.

—

எந்திர அணி உற்பத்திமுறை தொகுப்புவரிசை (assembly line) உற்பத்திமுறை போன்று பல எந்திரங்களைத் தொடர்ச்சியாகப் பயன்படுத்துகிறது. இந்த நிலையங்களில் ஒவ்வொன்றும் ஒன்று அல்லது பல்வேறுபட்ட இயந்திரங்களைக் கொண்டு ஒரு குறிப்பிட்ட பணியை நிறைவேற்றுகின்றன. பணிப்பொருட்கள் ஒரு நிலையத்திலிருந்து அடுத்த நிலையத்திற்கு பெரும்பாலும் தானியங்கு பணிப்பொருள் மாற்றி மூலம் நகரும். ஒவ்வொரு நிலையமும் உற்பத்தி செயல்முறையின் ஒரு பகுதியை நிறைவு செய்கிறது.

முன்னர் - பெரிய எண்ணிக்கையில் பாகங்களை ஒரு துறையில் செயல்முறை முடித்தபின் அடுத்த துறைக்கு நகர்த்துகிறோம்



பின்னர் - சிறிய எண்ணிக்கையில் பாகங்களை உட்பகுதிக்குள் செயல்முறை முடித்து நிறைவு செய்கிறோம்



எந்திர அணி உற்பத்தி

பெரும்பாலும் எந்திரங்கள் “U” வடிவத்தில் ஒழுங்கமைக்கப்படுகின்றன. பணிப்பொருட்களை மிகக் குறைவாக நகர்த்துவதற்கும், மேற்பார்வையாளர் முழு செயல்முறையையும் நன்கு கண்காணிக்கவும் இந்த அமைப்பு வசதியாக இருக்கிறது.

அணியிலுள்ள எந்திரங்களுக்கிடையில் குறுகிய தூரமே இருப்பதால் பாகங்களை நகர்த்துவது எளிது. மேலும் இடம் குறைவாக இருப்பதால் சரக்குகளை தேவையின்றி அடுக்கி வைப்பதும் தவிர்க்கப்படுகிறது. இதை விதிமுறைப்படுத்த சிலர் பாகங்கள் அடுக்கிவைக்க உச்சவரம்பு விதிப்பதுண்டு. சிலர் ஒரு எண்ணிக்கைக்கு மேல் பாகங்கள் அடுக்கி வைக்க இயலாதபடி தடுப்புகள் வைப்பதும் உண்டு.

தேவைக்கு மட்டுமே உற்பத்தி (Just-in-time manufacturing) / ஒடுங்குநிலை உற்பத்தி (Lean manufacturing) போன்ற செயல்முறையியல்கள் ஜப்பானில் டொயோட்டா (Toyota) நிறுவனத்தில் தொடங்கி உலகெங்கிலும் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சரக்கை தேவைக்கதிகமாக அடுக்கி வைப்பதைத் தவிர்க்க இவற்றில் ஒரு எளிய முறையைப் பின்பற்றுகிறார்கள். எந்திரங்களுக்கு இடையில் பாகங்கள் அடுக்கி வைக்க ஒரு மேசை அல்லது தரையில் கட்டம் போட்டு வரையறுத்த பகுதிகள் உண்டு. இவற்றுக்கு ஒரு எளிய விதிதான். “கட்டம் நிறைந்திருந்தால் உற்பத்தியை நிறுத்துங்கள்; இல்லாவிட்டால் கட்டத்தை நிரப்புகள்.”

(Acknowledgements)

- [Wikimedia Commons—Ball bearing](#)
- [Cellular manufacturing](#)